



LOUHINTATEKNIIKAN KEHITTÄMINEN TALVIVAARAN KAIVOKSELLA

Esa Ruotsalainen
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntatekniikkatuotanto

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU RAKENNUSTEKNIikka Koulutusohjelma, suuntautumisvaihtoehto		
Rakennustekniikka, yhdyskuntatekniikkatuotanto		
Tekijä		
Esa Ruotsalainen		
Työn nimi		
Louhintatekniikan kehittäminen Talvivaaran kaivoksella		
Työn laji	Päiväys	Sivumäärä
Opinnäytetyö	12.5.2010	40 + 17
Työn ohjaajat		Toimeksiantaja
Lehtori Raimo Lehtiniemi, DI Kaivospäälikkö Arto Suokas		Talvivaara Sotkamo Oy
Tiivistelmä Tämän insinöörityön aiheena oli louhintatekniikan kehittäminen Talvivaaran kaivokselle. Työn tavoitteena oli etsiä sopivat poraus- ja panostustekniikat yhteistyössä suunnitteluosaston ja panostuksesta vastaavan Forcit Oy:n kanssa. Lähtötilanne louheen osalta oli liian suuri lohkokoko ja eri räjäytysten välillä oleva liiallinen vaihtelu. Lisäksi tasoille jäi kuormauksen jälkeen liikaa korkeusheittoja. Työ aloitettiin perehtymällä poraussuunnitelmiin, kertaamalla opintoihin kuuluvaa räjäytystöihin liittyvää materiaalia sekä hyödyntämällä poraus- ja panostustekniikkaan liittyviä englanninkielisiä julkaisuja. Alkuvalmistelujen jälkeen siirryttiin varsinaisiin kenttätöihin, joihin kuului tiivis porausten seuranta, reikien paikalleen mittauksien tarkistaminen sekä syvyyksien tarkistaminen pistokokein. Lisäksi työhön kuuluivat viikoittaiset tapaamiset panostuksesta vastaavien henkilöiden kanssa ja havaintojen läpikäyminen. Insinöörityössä tehtiin yhteistyötä myös porauslaittevalmistajan kanssa. Yhteistyöhön kuului mm. reikäsuoritusmittaukset käytössä oleville porauslaitteille. Mittaustulosten perusteella saatiin lisätietoa louhintatyötä varten. Tämän insinöörityön tuloksena tehdyt havainnot on suurelta osin siirretty päivittäiseen työskentelyyn ja monia asioita on vielä pohdinnan alla. Tärkeimmät tavoitteet saavutettiin louheen tasalaatuisuuden ja murskaustehokkuuden nousuna ja lisäksi porauksessa saatiin nostetuksi oleellisesti poraustehokkuutta.		
Asiasanat		
poraus, panostus		
Luottamuksellisuus		
Julkinen		

--

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Degree Programme, option Construction engineering		
Author Esa Ruotsalainen		
Title of project Mining technology development to Talvivaara mine		
Type of project	Date	Pages
Final project	12.5.2010	40 + 17
Supervisors of study		Company
Mr Raimo Lehtiniemi, Lecturer, Mr Arto Suokas, Mining Man-ager		Talvivaara Sotkamo Oy
Abstract <p>The aim of this study was to develop better mining techniques to the Talvivaara nickel mine. The objective was to find the best drilling and charging techniques to the mining problems including the roughness of the rock fill, the excessive variation in explosions and in the level of the loading height after blasting. The study was conducted in collaboration with the design department of Talvivaara mine planning personnel and charging personnel of Forcit plc.</p> <p>The study started with an examination of blasting manuals and some English publications on drilling and blasting technology as well as on the work plans of the mine. The field work included monitoring of drilling, measuring collar location and depth of blast holes. The observations were discussed in the weekly meetings with the persons responsible for charging. Also straightness measurements for various pieces of drilling equipment were carried out in cooperation with the wagon drilling manufacturer.</p> <p>As a result of this study, the best combinations of different techniques were found and they were partly introduced to daily practice. The objectives were attained as both the homogeneity of the blasted rock and the efficiency of crushing and drilling increased. Some of the results of this study have not yet been exploited but are still under consideration at the mine.</p>		

Keywords
drilling, charging, blasting technology
Note
public

ALKUSANAT

Kiitän kaikkia minua insinöörityöni tekemisessä ohjanneita ja kannustaneita henkilöitä, erityisesti ohjaavana opettajana toiminutta lehtori Raimo Lehtiniemeä Savonia-ammattikorkeakoulusta ja kaivospäällikkö Arto Suokasta Talvivaara Sotkamo Oy:stä. Lisäksi kiitän kaikkia minua insinöörityöni aikana tukeneita henkilöitä.

Insinöörityöni aikana olen kehittynyt monilla insinöörille tärkeillä ammattiin liittyvillä osa-alueilla, kuten johtamistaidossa ja työhön ohjauksessa sekä louhintatekniikkaan liittyvillä ammatillisilla osa-alueilla. Yhteistyö työn eri vaiheissa eri toimijoiden kanssa on ollut antoisaa ja tuonut esille monia uusia ajatuksia myös tulevaisuutta ja etenkin omaa insinöörin työtä ajatellen.

Kuopiossa 12. toukokuuta 2010

Esa Ruotsalainen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
2 KOHTEEN ESITTELY.....	7
2.1 Geologia.....	8
2.2 Lähtötilanne.....	10
2.3 Malmin louhinta massalouhintamenetelmällä.....	14
2.4 Louhintatekniikan kehittämisen tavoitteet	14
3 LOUHINTATYÖT.....	16
3.1 Suunnittelu.....	16
3.2 Turvallisuus.....	16
4 PORAUS.....	18
4.1 Porauskalusto.....	18
4.2 Poraustarkkuus.....	20
4.3 Reikäsuoruuksimittausten yhteenveto.....	20
5 RÄJÄHDYSAINET.....	23
5.1 Sytyttimet.....	23
5.2 Aloitepanos.....	26
5.3 Varasto- ja säänkestävyys	26
5.4 Käsittelyturvallisuus	26
5.5 Ympäristövaikutukset	27
5.6 Käyttöohjeet	27
6 KEMIITTI 510, 610.....	29
6.1 Tuotteen kuvaus ja käyttötarkoitus.....	31
6.2 Varasto- ja säänkestävyys.....	31
6.3 Käsittelyturvallisuus.....	32
6.4 Ympäristövaikutukset.....	32
6.5 Räjähdyksineen pumppaus	33
6.6 Poikkeustapaukset.....	35
7 TULOKSET.....	36
8 YHTEENVETO.....	39
8.1 Kehitettävää.....	39
8.2 Johtopäätökset.....	40
LÄHTEET:.....	41
LIITTEET:.....	41

1 JOHDANTO

Insinööriyön tilaajana on Talvivaaran kaivos, joka sijaitsee Sotkamon kunnassa Kainuussa. Kaivoksen toimialana on nikkelin, sinkin, kuparin ja koboltin talteenotto Suomessa ainutlaatuisella bioliutusmenetelmällä. Kaivoksella selvitetään myös uraanin talteenottoa.

Talvivaara osti kaivosoikeudet Outokumpu konsernilta helmikuussa 2004 ja aloitti kaivostoimintaan tähtäävät suunnittelutoimenpiteet samana vuonna. Koeliutukset alkoivat vuonna 2005 ja varsinaiset rakennustoimenpiteet parisen vuotta myöhemmin 2007. Kaivoksen aloitusräjäytys oli huhtikuun ensimmäisenä päivänä 2008, mistä lähtien malmia ja sivukiveä on louhittu ympärivuorokautisesti keskeytyksettä.

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli löytää Talvivaaran kaivoksen olosuhteisiin sopivin mahdollinen louhintatekniikka tuotannolliset ja taloudelliset näkökohdat huomioiden. Suurista louhinta-, kuormaus- ja kuljetusmääristä johtuen taloudellisuus on huomioitava kaikissa työvaiheissa. Talvivaaran kaivoksella käytössä oleva perinteinen pengerlouhintatekniikka oli tämän insinööriyön kehittämisen lähtökohtana. Tavoitteena oli löytää sopivimmat poraus- ja panostustekniikat vastaamaan käytössä olevia murskausmenetelmiä. Kehitystyö tapahtui osallistumalla päivittäiseen työskentelyyn kaivoksessa, sekä havainnoimalla ja kehittämällä työmenetelmiä. Lisäksi tietoa haettiin alan kirjallisuudesta sekä keskustelemalla yrityksen työntekijöiden ja yhteistyökumppaneiden kanssa.

2 KOHTEEN ESITTELY

Tässä luvussa esitetyt tiedot ovat Talvivaaran kaivosyhtiön internetsivuilta. /1./

Ensimmäiset havainnot nikkelistä (Ni), kuparista (Cu), koboltista (Co) ja sinkistä (Zn) Talvivaaran alueella tehtiin 1960-luvun alussa ja Suomen Geologian Tutkimuskeskus (GTK) jatkoi perusmetallien etsintää vuosina 1977–1983. GTK:n työn tuloksena paikannettiin monimetalliesiintymät: Kuusilampi ja Kolmisoppi. /1./

Talvivaaran toiminnan päätavoitteena on kehittää ja hyödyntää Sotkamossa olevia monimetalliesiintymiä käyttäen biokasaliuotusteknologiaa. Talvivaaran monimetalliesiintymät, Kuusilampi ja Kolmisoppi, muodostavat yhden Euroopan suurimmista sulfidisen nikkelin varannoista, joiden todetut ja todennäköiseksi luokitellut mineraalivarannot ovat yhteensä tuhat miljoonaa tonnia. Näillä näkymin monimetalliesiintymät riittävät ylläpitämään suunniteltua tuotantoa vähintään 40 vuotta. /1./

Saatuun helmikuussa 2004 oikeudet sekä louhia Talvivaaran esiintymiä että käyttää niihin liittyviä alueen geologisia tietoja ja biokasaliuotuksen tutkimustuloksia, konserni on aktiivisesti kehittänyt Talvivaaran malmiesiintymiä. Maaliskuussa 2007 hyväksyttiin teknistaloudellinen kannattavuusselvitys, mikä sisältää tarkat arviot kaikista oleellisista kaivoksen rakentamiseen ja kaivostoimintaan liittyvistä pääoma- ja käyttökustannuksista. Tuotanto Talvivaaran kaivoksessa aloitettiin loppuvuodesta 2008 ja vuosittainen tavoite nikkelin tuotannossa on noin 33 000 tonnia. Lisäksi kaivoksen odotetaan tuottavan prosessin sivutuotteena vuosittain noin 60 000 tonnia sinkkiä, 10 000 tonnia kuparia ja 1 200 tonnia kobolttia. Talvivaara toimittaa metallipuolituotteita yhtiöille, jotka jalostavat metalleja, ja konserni onkin jo tehnyt kymmenvuotisen myyntisopimuksen Norilsk Nickelin kanssa kaivoksen koko nikkeli- ja kobolttituotannon myymisestä sille markkinahintaan. Konserni odottaa hyötyvänsä siitä, että kaivos sijaitsee lähellä olevaa energia- ja kuljetusinfrastruktuuria sekä potentiaalisia asiakkaita. /1./

Talvivaaran ensisijainen metallien rikastustekniikka on biokasaliuotus, jota käytetään laajalti jo muiden metallien, erityisesti kuparin ja kullan, erottamiseksi malmista. Viimeksi kuluneiden kahden vuoden aikana konserni on osoittanut biokasaliuotusteknologian käyttökelpoisuuden nikkelin rikastuksessa. Tätä varten

kaivosalueella tehtiin mittavia liuotuskokeita, joissa käytettiin Talvivaaran malmia. Nämä kokeet osoittivat, että liuotusprosessi tuottaa lämpöä ja soveltuu siksi käytettäväksi Itä-Suomen subarktisisissa ilmasto-olosuhteissa. Talvivaaran malmi sopii hyvin avolouhintaan, sillä alueen maapeite on ohut, esiintymien geometria on avolouhinnalle otollinen ja sivukivi-malmisuhde on alhainen. Malmin metallipitoisuus on suhteellisen alhainen, mutta malmi sopii hyvin bioliuotukseen, koska sen sulfidipitoisuus on korkea. /1./

2.1 Geologia

Talvivaaran esiintymät sijaitsevat Kainuun vyöhykkeen eteläosassa, joka tunnetaan myös nimellä Kainuun liuskevyöhyke. Vyöhyke on noin kaksisataa kilometriä pitkä ja leveimmillään se on noin neljäkymmentä kilometriä. Talvivaarassa on kaksi erillistä monimetallista malmiesiintymää: Kuusilampi ja Kolmisoppi. Näiden esiintymien mineraalivarat on luokiteltu JORC -koodin mukaisesti ja niiden todettujen ja todennäköisten mineraalivarantojen yhteenlasketun määrän on arvioitu olevan tuhat miljoonaa tonnia, sisältäen 0,23 % nikkeliä, 0,13 % kuparia, 0,02 % kobolttia ja 0,51 % sinkkiä. Kuusilammen ja Kolmisopen esiintymissä voidaan erottaa kolme mineralogista malmityyppiä: hienorakeinen malmi (pirotemalmi), sulfidi-breksia ja metakarbonaattipitoinen malmi. Malmiesiintymien sulfidimineraalipitoisuus on keskimäärin 21 %. /2./

Tärkeimmät sulfidimineraalit ovat magneetti-, rikki- ja kuparikiisu sekä sinkkivälke ja pentlandiitti. Mustaliuske on matalan lämpötilan metamorfinen kivilaji. Se koostuu pääosin kvartsista, liuskemineraaleista, amfibolista ja grafiitista. Mustaliuske sisältää usein malmijuonia ja/tai esiintyy kerrostuneiden malmien yhteydessä. /2./



Kuva1. Mustaliuske. [Mustaliuske](#) on kiilleliusketta ja fylliittiä muistuttava, grafiittia ja kiisuja sisältävä metamorfinen kivilaji. Mustaliusketta on runsaasti mm. Lapissa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa.

Talvivaaran malmin isäntäkivenä on mustaliuske. Malmi sisältää 20–25 % sulfideja ja pää-malmimineraalit ovat:

Magneetikiisu (Pyrrhotite) FeS

Rikkikiisu (Pyrite) FeS_2

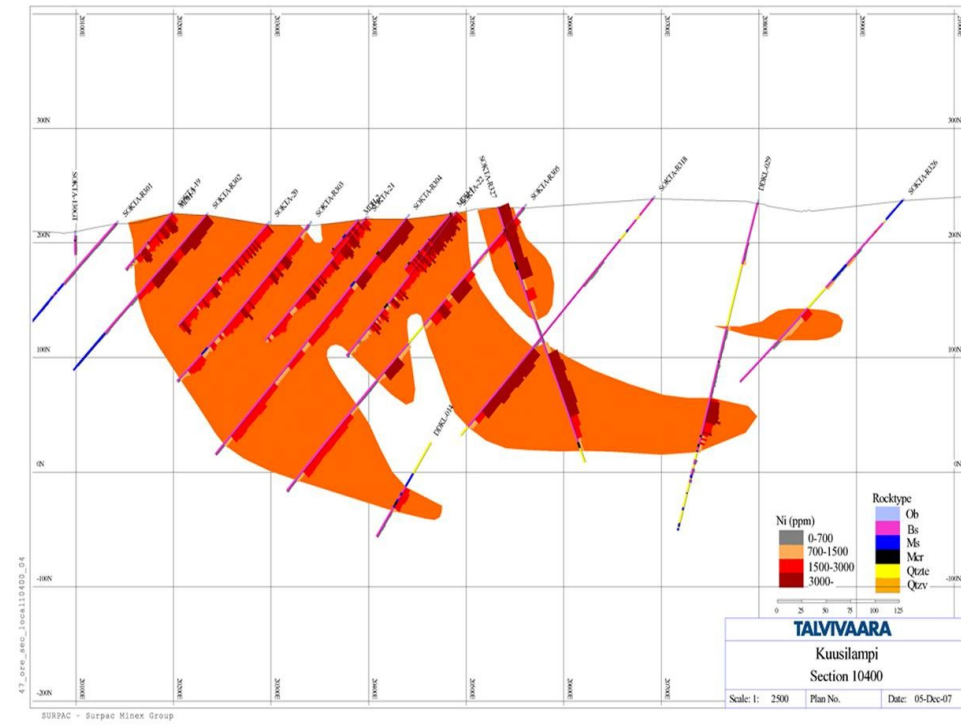
Sinkkivälke (Sphalerite) ZnS

Kuparikiisu (Chalcopyrite) CuFeS_2

Pentlandiitti (Pentlandite) $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})\text{S}$

Alabandiitti (Alabandite) (MnS)

Harmemineraaleja ovat kvartsi, flogopiitti, maasälvät, tremoliitti sekä grafiitti. Grafiittipitoisuus on keskimäärin 8 %. Talvivaaran malmissa nikkelin keskipitoisuus on 0,23 %. Sivukiven mustaliuske on mineraalikoostumukseltaan samanlaista kuin malmimustaliuske, ainoa ero on metallipitoisuuksissa, jotka sivukivessä ovat luonnollisesti alhaisemmat. /3./



Kuva 2. Poikkileikkaus malmion muodosta ja koosta koekairausten perusteella.

Taulukko 1. Malmiesiintymien laajuus

	Pituus (m)	Leveys (m)	Tunnettu syvyys (m)
Kuusilampi	2 600	40–1000	600
Kolmisoppi	1 500	30–350	300

2.2 Lähtötilanne

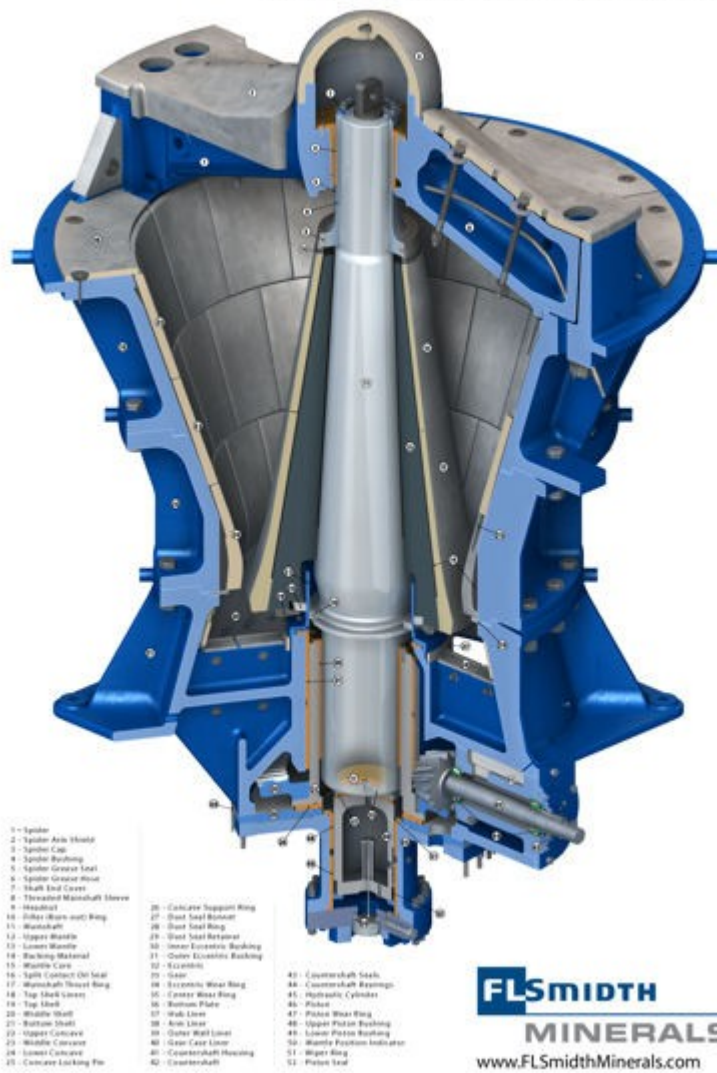
Käyttökiveä louhitaan esimerkiksi kaivostoimintaa varten. Massalouhinnassa (pengerlouhinnassa) pyritään irrottamaan kiven tulevaa käyttöä ajatellen optimaalinen louhe mahdollisimman pienellä porametri/räjähdysainemäärällä. Esimerkiksi

murskattavaksi tarkoitettulle kivelle on määritetty maksimikoko. Tämän vuoksi ylisuuria kiviä joudutaan rikkomaan hydraulisella rikotusvasaralla tai räjäyttämällä. (kuva 4).

Ensimmäisen vaiheen murskaus tehdään Talvivaarassa karkeamurskaamolla, joka on tyypiltään karamurskain. Karamurskaimella saavutetaan suurimmat tehot (t/h) muihin murskaintyyppeihin verrattuna. Yrityksen käytössä oleva karamurskain on FLSmidth'in valmistama Fuller–Traylor, tyypiltään 55 x 83 in (1 400 x 2 100 mm). (kuva 3).

Suunnitteluvaiheessa oli tiedossa malmikivessä olevan grafiitin aiheuttama normaalia pienempi kitka, mutta monien yhteensattumien johdosta tämä erityisominaisuus ei päätynyt tiedoksi valmistajalle saakka. Tästä syystä murskaimen kitakulma valmistettiin kahdeksan astetta liian suureksi eli 27°. Kahden erillisen muutostyön jälkeen saavutettiin optimaalinen kitakulma 19° ja murskaimen tehot saatiin nostetuksi tavoitetasolle. Muutoksista johtuen kita-aukko pieneni ratkaisevasti ja tämä sai aikaan sen, että louheelle jouduttiin asettamaan uudet erityisvaatimukset lohkarekoon suhteen. Alkuperäisen suunnitelman mukaan maksimilohkarekoko olisi ollut noin 1 500 mm, mutta muutostöiden jälkeen päädyttiin maksimikokoluokkaan 800–1 000 mm.

Fuller-Traylor NT GYRATORY CRUSHER



Kuva 3. Ensimmäisen vaiheen murskaimena FLSmidthin valmistama, Fuller–Traylor–karamurskain. (Kuva murskaimen käyttöoppaasta.)



Kuva 4. Lähtötilanne maaliskuussa 2009. Karamurskaimeen kipatun louheen karkeus vaikeuttaa murskaustyötä. Ylisuuret lohkareet on rikottava rikotusvasaralla, jotta louhe saadaan menemään murskaimen läpi.



Kuva 5. Edelleen louheen joukossa on liikaa yli 800 mm:n lohkareita.

Louheen karkeudesta johtuen kuormaus-/kuljetuskapasiteetti ei aluksi ollut asetetulla tavoitetasolla. Lisäksi louhinnassa tasolle jääneet kynnet aiheuttivat paitsi rengasrikkoja myös ylimääräisiä ja tarpeettomia hidasteita kaluston liikkumiselle. Edellä mainitut seikat johtivat moniin muutoksiin myös poraus- ja panostustöissä ja antoivat

insinööriyötekijälle insinööriyön aiheen tutkia ja löytää sopivat poraus- ja panostuskaaviot kyseiselle murskaimelle toimitettavalle louheelle.

Insinööriyön valmistelut aloitin huhtikuussa 2009. Kesän aikana työtä vein eteenpäin tehden muutoksia mm. porauksen ruutukokoon sekä räjäytettävien kenttien panostukseen ja kytkentöihin. Tämä vaihe eteni yhteistyössä kaivossuunnittelija Lauri Sarajärven sekä Forcit Oy:n kanssa.

2.3 Malmin louhinta massalouhintamenetelmällä

Massalouhinnassa käytetään suurta porakalustoa siinä vaiheessa, kun on saavutettu tasolouhintavaihe. Porareikien halkaisija on useimmiten yli 100, jopa 300 mm. Myös reikäpanokset ovat suuria, räjähdysainemäärältään jopa useita satoja kiloja/reikä. Toisaalta reikävälit ovat pitempiä, jolloin yhdellä reiällä saadaan irrotetuksi huomattavan suuri määrä louhetta. Tällöin porametrit ja räjähdysainemäärät jäävät mahdollisimman pieniksi kuutiometriä kohti.

Porausvirheistä, kenttien muodosta, kallion rikkonaisuudesta, lustoisuudesta tai kallion laadun vaihteluista johtuen räjäytyksissä irtoaa usein suuria lohkareita. Näitä joudutaan myöhemmin rikottamaan joko poraus- ja räjäytysmenetelmällä tai kaivinkoneeseen kiinnitetyllä hydraulisella iskuvasaralla, mikä aiheuttaa myös ylimääräisiä kuluja louhintatyölle. Onnistuneen lopputuloksen saavuttaminen edellyttää myös näiden seikkojen huomioimista.

2.4 Louhintatekniikan kehittämisen tavoitteet

Louhintatekniikan tavoitteeksi asetettiin mahdollisimman tasalaatuisen malmilouheen saatavuus murskausprosessiin jatkojalostusta varten. Asetetulle tasalaatuisuudelle haastetta lisäsi malmilouheen sisältämä grafiitti (8 %) sekä kallioperän lustoisuus ja tietyillä louhinta-alueilla esiintyvät ruhjeet. Ruhjeisiin varastoitunut vesi tunkeutuu porauksen aikana porausreikiin, mikä huonontaa poraustarkkuutta, sillä reikien alaosa täyttyy porauksessa syntyneellä hienoaineksella, minkä vuoksi porausreiät eivät pysy auki.

Malmilouheen tasalaatuisuuden saavuttamiseksi hyvin oleellisena osana insinööriyötäni oli poraustarkkuuden parantaminen etenkin tasalouhintakohteissa ja ruhjevyöhykkeillä porattaessa. Poraustarkkuutta haettiin tehostetulla yhteistyöllä porareiden kanssa ja menetelminä käytettiin neuvontaa, opastusta sekä porattavien

kohteiden yhteissuunnittelua. Tärkeänä tavoitteena oli myös yhteistyön tiivistäminen suunnittelu-, poraus- ja panostustyöstä vastaavien henkilöiden välillä sekä mahdollisimman optimaalisten olosuhteiden luominen poraus- ja panostustöitä tekeville.

3 LOUHINTATYÖT

Talvivaaran louhintamäärät ovat suuria, noin 40 milj. tonnia/vuosi. Tästä johtuen avolouhoksella on käytössä jo aiemmin tässä työssä mainittu pengerlouhintamenetelmä, mikä asettaa louhinnalle tiettyjä erityisvaatimuksia, jotta saadaan aikaiseksi onnistunut lopputulos niin laadullisesti kuin määrällisesti ja myös turvallisuus huomioiden.

3.1 Suunnittelu

Hyvin usein malmiot ovat syntytavastaan johtuen lustoisia ja rikkonaisia, mikä aiheuttaa ongelmia louhinnassa, koska louhintatöissä ei aina voida huomioida optimaalista kaatosuuntaa. Louhinnan onnistumisessa tärkeä kulmakivi on hyvä suunnittelu, mihin liittyy olosuhteiden ja erityisesti kenttien muodon huomiointi. Aina, kun poiketaan suorakaiteen muotoisesta kentästä, olisi tarkoin harkittava kentän leveyden suhdetta sen syvyyteen.

Alustavan suunnitelman jälkeen suunnittelijan tulisi jalkautua suunnitellulle porauskentälle tarkastamaan GPS-mittalaitteella, miltä tuleva kenttä näyttää kyseisellä paikalla. Kentälle jalkautuneena pitäisi myös miettiä, tarvitseeko poraussuuntausta tai leveys-syvyyssuhdetta muuttaa optimaalisempaan suuntaan. Yhteistyön merkitys panostusta tekevien henkilöiden kanssa korostuu erityisesti vaikeasti louhittavissa kohteissa. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi:

- kohteet, joissa joudutaan poikkeamaan ns. normaaleista kenttien muodoista
- louhittaessa erityisen jyrkkiä rinteiden osia
- louhittaessa muuten ahtaita kohteita (esim. ajorampit)

Räjäytettävien kenttien suurista massamääristä johtuen käytettävät räjähdysainemäärät ovat myös suuria, jopa 100 tonnia/räjäytys.

3.2 Turvallisuus

Räjäytettävien kenttien muoto ja suuntaus vaikuttavat myös työturvallisuuden suunnitteluun. Hyvällä suunnittelulla parannetaan ratkaisevasti myös turvallisuutta louhintatöissä.

Suuria räjähdysainemääriä käytettäessä vaara-alue on huomattavan laaja. Räjäytettävän kentän koosta ja kaatosuunnasta riippuen vaara-alue on 500–1 000 m. Räjäytysten

aikana vaara-alueella ei saa olla ihmisiä ja lisäksi koneet siirretään kalustovahinkojen välttämiseksi pois alueelta. Suuren roiskevaaran ja tärinän vuoksi massalouhintoja tehdään pääasiassa etäällä asutuksesta.

Talvivaaran avolouhoksella räjäytykset ajoitetaan pääsääntöisesti työvuorojen vaihtoon, jolloin kaivosmonttu saadaan helpommin tyhjäksi sekä ihmisistä että kalustosta. Vuoronvaihdoksiin ajoitetut räjäytykset häiritsevät myös mahdollisimman vähän kuormasta ja kuljetusta. Kaatoja ja niiden suuntauksia suunniteltaessa on huomioitava myös muut turvallisuuteen liittyvät tekijä kuten tiestö, pumppaamot, sähkönjakelu kaivosalueella ja mahdolliset muut työkohteet.

4 PORAUS

Onnistuneen räjäytyksen takana on hyvin tehty poraus. Porauksen merkitys on noin 70 % räjäytyksen lopputulokseen. Vastaavasti onnistuneessa porauksessa olennaisia tekijöitä ovat tarkkuus syvyyden ja suuntauksen suhteen sekä huolellinen rivi- ja reikävälimittojen mittaaminen. Lisäksi porauksessa käytettävät syöttö-, isku- ja pyörityspaineparametrit ovat ratkaisevia tekijöitä reikien suoruuden kannalta. Kohdassa 4.2 käsitellään tehtyjä reikäsuoruuksimittauksia ja niiden tuloksista laadittu raportti on liitteenä 1.

4.1 Porauskalusto

Talvivaarankaivosyhtiön käytössä on neljä hydraulista poravaunua, joista yksi on Ranger DX 800 ja kolme Pantera 1500Dpi. Ranger DX 800 vaunu on tarkoitettu käytettäväksi pintakalliolla hyvien maasto-ominaisuuksiensa ja ketteryytensä ansiosta. Rangerissa käytetään tankokalustona mallimerkinnältään T51 (Ø51 mm) sekä T45 (Ø45 mm) poratankoja ja käytössä olevat porakruunut ovat Ø89 mm ja Ø102 mm. Panterat soveltuvat tasoporaukseen suuren kokoluokkansa ja tehonsa ansiosta. Panteroissa tankokalustona käytetään mallimerkinnältään GT60 (Ø60 mm) poratankoja ja käytössä olevat porakruunut ovat Ø127 mm ja Ø140 mm.

Porakruunuilla porataan noin 40 m/kruunu. Tämän jälkeen kruunuissa olevat kovametallinastat teroitetaan, jotta paras mahdollinen tunkeumanopeus säilyy koko työskentelyn ajan.



Kuva 6. Ranger DX800



Kuva 7. Pantera 1500DPi

4.2 Poraustarkkuus

Poraustarkkuuteen vaikuttaa mm. maaston epätasaisuus (varsinkin pintakalliolla) sekä porareiden ammattitaito ja työmotivaatio. Poraustarkkuuteen poikkeamia aiheuttavat myös käytössä olevat tankokalustot ja porakruunut. Ohut poratanko taipuu ja myötäilee helposti lustoa ja aiheuttaa suunnasta poikkeamia. Lisäksi tylsäksi poratut porauskruunut muuttavat poraussuuntaa suunnitellusta. Suuntaustarkkuus porausreiän aloitusvaiheessa on yhtä tärkeää kuin aloituspaikan kohdalleen mittausta ja kyseiseen kohtaan tehty porauksen aloitus.

Yhteistyössä laitevalmistajan kanssa tehtiin porattujen reikien suoruuskokeita kolmella erilaisella porauspaikalla ja -kalustolla. Tutkittavat kalustokombinaatiot olivat:

1. Ranger DX800, T45-tangot, Ø89 mm kruunu
2. Ranger DX800, T51-tangot, Ø89 mm kruunu
3. Pantera 1500Dpi, GT60-tangot, Ø127 mm kruunu

Kaikilla tankotyypeillä havaittiin reikien taipumia, mutta suurimpia ne olivat, kun käytettiin halkaisijaltaan 45 mm:n tankoja. Tällöin vaihteleva etu-/reikävälisuhte sai aikaan pohjien epätasaisuutta ja louhitulle alueelle jäi myös kynsiä. Lisäksi rikkokiviä esiintyi normaalia enemmän.

GT 60-kalustolla taipumat olivat säännöllisiä ja suuntautuivat yllättävästi etuviistoon kallistuksen suuntaisesti, lisäten reikien kallistusta 2–4°, asetetusta 10°:sta. Tästä oli seurauksena edun jääminen paikoin ohuemmaksi, mikä osaltaan lisää turvallisuusriskiä. Lisäksi asetettu ohiporaustavoite (1,5 m) jäi vajaaksi ja aiheutti tasolle liiallisia korkeusvaihteluita.

4.3 Reikäsuoruumittausten yhteenveto

Reikäsuoruumittausten aikana porauksessa olleet alueet olivat hyvin haastavia kohteita. Etenkin Panteralla porattavana olleella alueella oli ongelmia pintavesien kanssa. Porattavalla alustalla oli myös noin yhden metrin vahvuinen kerros kuormauksessa tasolle jäänyttä hienojakoista louhetta. Pintavesistä ja hienojakoisesta louheesta johtuen porausreikien auki pysyminen tuotti ongelmia jo porausvaiheessa. Lisäksi alueella työskentelyä vaikeutti myös kalliossa ollut ruhjevyyhyke. Mittaustuloksista ilmenee, kuinka paljon vaikeat työskentelyolosuhteet vaikuttivat lopputulokseen (liite 1).



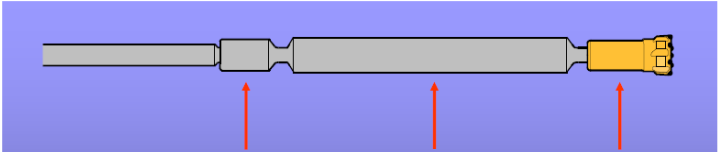
Kuva 8. Reikäsuoruuksmittalaite.



Kuva 9. Mittalaite on valmiina laskettavaksi reiän pohjalle, mittausväli yksi metri. Oikeanpuoleisessa kuvassa tallennusyksikkö, joka keskustelee mittausyksikön kanssa langattomasti ja tallentaa poratun reiän tiedot muistiinsa.

Tube Drilling with DP Rigs

Optimum bit / tube diameter relationship

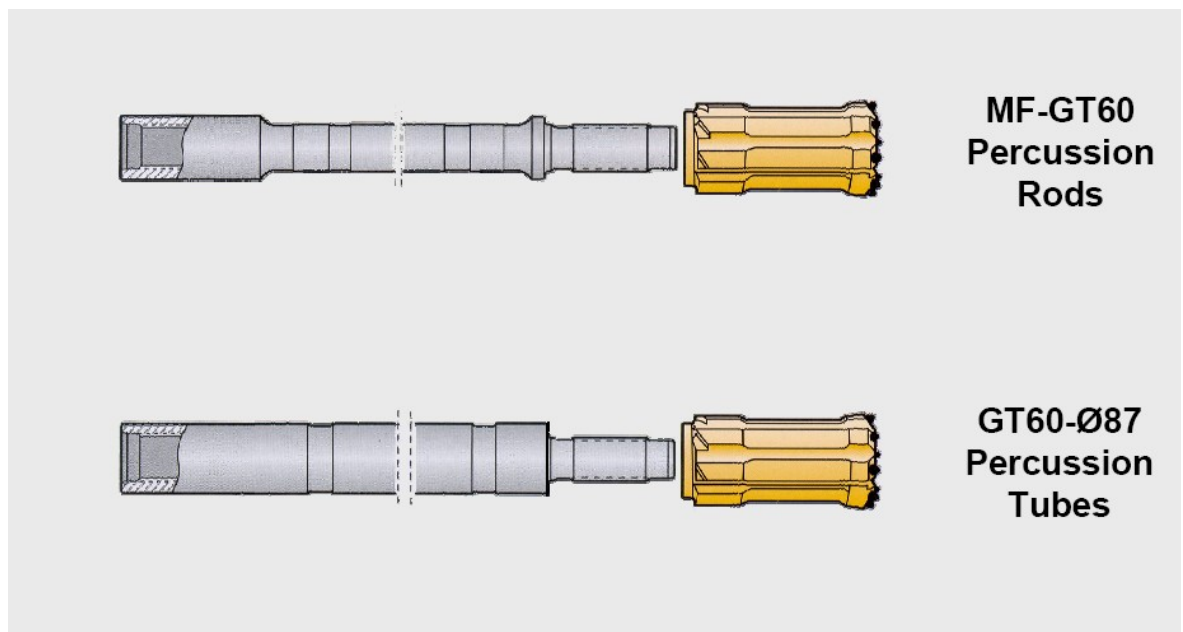


Thread	Cross section coupling	Cross section	Optimum bit size
T38	Ø55	Ø56	Ø64
T45	Ø63	Ø65	Ø76
T51	Ø71	Ø76	Ø89
GT60	Ø85	Ø87	Ø102
GT60	Ø85	Ø96	Ø115

Sandvik Mining and Construction



Kuva 10. Porauslaitevalmistajan tekemien tutkimusten tuloksena saadut suositukset ohjuriputken-/porakruununhalkaisijasta /3./



Kuva 11. Poikkileikkauskuva normaali poraustangosta ja putkitangosta./3./

Kuvat 10 ja 11 esittävät porauslaitevalmistajan ehdottamat muutokset käytetyn tankokaluston muuttamiseksi putkikalustoksi. Toisena vaihtoehtona valmistaja suosittelee ohjuritangon käyttöä porauksessa. Tällöin käytännön etu (V1) ja reikäväli (E) olisivat suunnitelmien mukaisia, näillä toimenpiteillä saataisiin poistetuksi yksi mahdollinen porausvirheen aiheuttaja.

5 RÄJÄHDYSAINEET

Avolouhinnassa käytettävät räjähdysaineet ovat yleensä bulkkituotteita: matriisi-, slurry- tai emulsioräjähdysaineita. Tämä johtuu siitä, että käytettävät räjähdysainemäärät ovat suuria, useita kymmeniä tuhansia kiloja/räjäytys, parhaimmillaan yli 100 t/räjäytys, jolloin vain mekanisoidulla panostuksella saadaan vaadittavat työtehot.

5.1 Sytyttimet

Nonel on joustava, ei-sähköinen sytytysjärjestelmä. Nonelista on laadittu kattava erillinen käyttöohje, jonka tarvittaessa saa tilattua Forcistista. Nonel -sytytysjärjestelmä on vallannut markkinoita monien erinomaisten ominaisuuksiensa johdosta:

- Sytytysjärjestelmä ei rajoita kenttäkokoa.
- Tärinät saadaan paremmin hallintaan.
- On häiriötön ulkoisia sähköisiä tekijöitä kohtaan.
- Varastoitavia nimikkeitä tarvitaan vähemmän.
- Menetelmässä on joustava panostus ja kytkentä. /4./

NONEL UNIDET on suunniteltu siten, että sen varastointi ja käyttö on mahdollisimman helppoa ja edullista. Nonel unidet -järjestelmä rakentuu nallista, missä on perushidaste ja Snapline-kenttäkytkentäkappale, joilla kenttä kytketään ja määrätään nallien sytytysjärjestys. Panostetun kentän kytkentään voidaan käyttää myös räjähtävän tulilangan ja Snaplinen yhdistelmää. Nonel unidet-porareikänallien hidasteajat ovat 400, 425, 450, 475 ja 500 ms. Pohjapanoksessa käytetään yleensä 25 ms pienempää hidastusta kuin pintapanoksessa, koska räjähdysaineen palaminen on pyrittävä aloittamaan aina reiän pohjalta. Pintapanos toimii ns. varmistuksena, jos pohjapanos jää syttymättä. Snapline SL on pintakytkentäkappale, jolla Nonel-kentät kytketään. Snapline on varustettu hidaste-elementillä (kahdeksan erilaista), jonka nimellispaloaika vaihtelee 0–285 ms. /4./

Nonel LP-nallisarja on suunniteltu erityisesti peränajoa varten. Letkujen väri on keltainen ja nallisarja on 0–60 (25–6 000 ms), nallien välinen intervalli on 75–500 ms. Nallien kytkentä tehdään yleisimmin Nonel-nippusytyttimellä, johon voidaan liittää enintään 20 Nonel-letkua. Kytkentä voidaan suorittaa myös räjähtävällä tulilangalla, maksimissaan 20 letkua. Nonel MS -järjestelmän pääasiallinen käyttöalue on

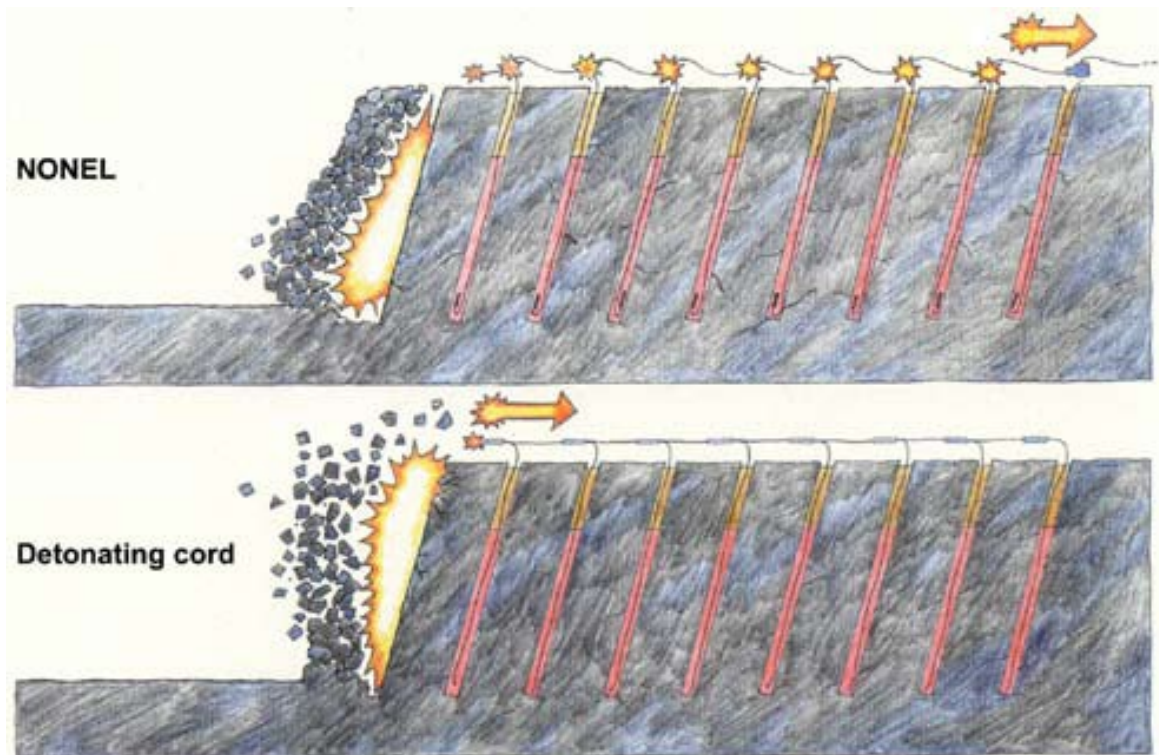
maanalaisten kaivosten tuotantolouhinta. Nonel MS-nalleja käytetään myös maan päällisessä ja veden alaisessa louhinnassa. /4./

Nonel MS-nallien letkun väri on punainen. Hidastusjärjestelmä on samanlainen kuin MS-sähkönalleissa. Hidasteporrastus on 25 ms ja käytettävissä ovat nallinumerot 3–20 (75–500 ms). Nallien intervalli on 25 ms. Kentän kytkennässä käytetään Snaplineja tai räjähtävää tulilankaa. /4./

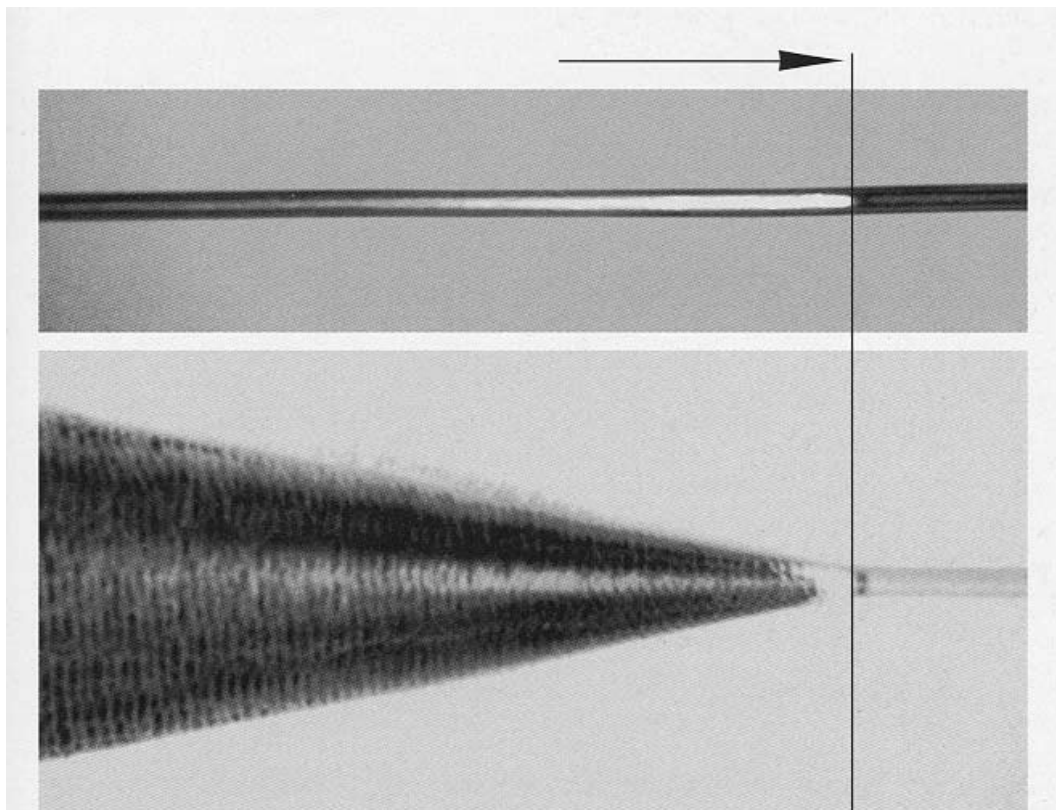


Kuva 12. Nonel-kytkentäkappale, väri oranssi = 176 ms hidastus.
/4./

Nonel-järjestelmän ja räjähtävän tulilangan ero sytytyksessä



Kuva 13. Nonel-sytytyksessä kytkinkappaleiden pintasytytys tapahtuu selvästi ennen räjähdysaineen syttymistä porausreiässä. Kun porausrei'issä käytetään U 500 ja pinnalla 42 ms:n pintahidastetta, saadaan yleensä koko kenttä syttymään ennen kivien liikkumista. /4./



Kuva 14. Räjähdysrintaman eteneminen. Paineaalto pysyy Nonel-letkun sisällä, kun taas räjähtävä tulilanka räjähtää. /4./

5.2 Aloitepanos

Fordyn ja H-dynamiitti ovat nitroglykolia ja ammoniumnitraattia sisältäviä, muovailtavia (plastisia) räjähdysaineita. Fordynin massa on kellertävää ja H-dynamiitin punertavaa. Fordyniä käytetään suuren ominaispainonsa vuoksi vedenalaisessa louhinnassa, pohjapanoksena avolouhinnassa, kanaalilouhinnassa, asutuskeskuslouhinnassa jne. Se soveltuu myös tarkan annosteltavuutensa ansiosta räjäytystöihin, joissa käytetään erittäin pieniä räjähdysainemääriä. H-dynamiitti soveltuu syviin vedenalaisiin räjäytystöihin. H-dyna-miitti toimii luotettavasti aina 50 m:n syvyyteen saakka. /5./

Redex on erikoisdynamiitti, jonka räjähdysnopeus on saatu korkeammaksi kuin Fordynin lisäämällä siihen heksogeenia. Redex on tarkoitettu lähinnä epäherkkien räjähdysaineiden (kuten Kemiitit, Anfot, Aniitti) aloitepanokseksi, jotta ne saavuttaisivat mahdollisimman korkean räjähdysnopeuden. Se soveltuu suuren räjähdysnopeutensa vuoksi myös pintapanokseksi. Redexin väri on oranssi. /5./

5.3 Varasto- ja säänkestävyys

Kuivassa ja viileässä tilassa Fordynin, H-dynamiitin, Redexin ja Forprimen varastointikestävyys on vähintään kaksi vuotta. Kosteissa ja lämpimissä ($> 25\text{ °C}$) varastointiolosuhteissa niiden säilyvyys huononee. Vanhetessaan Fordynin ja H-dynamiitin räjähdysnopeus pienenee, mutta on kuitenkin aina yli 2 000 m/s. Tuotteet varastoidaan voimassa olevan lainsäädännön mukaisesti. Fordynin pakkaskestävyys on melko hyvä. Välityskyky ja syttymisherkyys heikkenevät pakkasella ja massa kovettuu jonkin verran. Redexin pakkaskestävyys on hyvä. Massa kovettuu pakkasella jonkin verran. Fordynin, H-dynamiitin ja Redexin vedenkestävyys on hyvä (2–3 vrk). Forprimen vedenkestävyys on erinomainen. /5./

5.4 Käsittelyturvallisuus

Fordyn, H-dynamiitti, Redex ja Forprime ovat CE-hyväksytyjä tuotteita, joiden on todettu täyttävän EU-direktiivin mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. Testauksen on tehnyt siviiliräjähteiden ilmoitettu tarkastuslaitos, PvTeknTl (0812). /5./

Nitroglykoli saattaa aiheuttaa käsitteijälleen päänsärkyä ja verenpaineen laskua, hengitysilman ja myös ihokosketuksen välityksellä. Ihokosketusta tulee välttää käyttämällä suojakäsineitä. Iholle joutunut räjähdysaine poistetaan ja alue pestään

vedellä ja saippualla. Silmiin joutunut aine huuhdotaan runsaalla vedellä. Mahdollisen ärsytyksen jatkuessa on otettava yhteys lääkäriin. Haalarit ja muut työvaatteet, joihin on kuivunut räjähdysainetta, voivat syttyä ja palaa. Työvaatteisiin tarttunut räjähdysaine poistetaan mekaanisesti, jonka jälkeen työvaatteet pestään normaalilla vesipesulla. /5./

5.5 Ympäristövaikutukset

Fordynin, H-dynamiitin, Redexin ja varsinkin Forprime-putkien vedenkesto on hyvä. Räjähämätön räjähdysaine liukenee kuitenkin vähitellen veteen, jolloin luontoon joutuu nitraattia sekä nitroglykolia. Nitroglykoli ei juuri liukene veteen. Se hajoaa luonnossa erittäin hitaasti. Nitraatilla on vesistöön joutuessaan rehevöittävä vaikutus ja se likaa pohjavettä. Huolellinen ja siisti panostustyö edesauttaa ympäristövaikutuksien minimointia. Myös räjähdyksessä syntyvien haitallisten palokaasujen (CO, NOx) määrää voidaan vähentää tuotteiden oikealla käytöllä. /5./

Yleisesti räjähdyksessä kaasujen muodostuminen on riippuvainen happitasapainosta ja siitä, kuinka täydellistä räjähdysaineen palaminen räjähdyksessä on. Ideaalitapauksessa, jossa happitasapaino on nolla ja räjähdysaineen palaminen on täydellistä, räjähdystuotteina muodostuu pääasiassa hiilidioksidia, vesihöyryä ja typpikaasua. Käytännöolosuhteissa tätä ideaalitilannetta ei koskaan kuitenkaan saavuteta ja happitasapaino on yleensä joko hieman negatiivinen tai positiivinen. /5./

Fordynin happitasapaino on + 3,3 %, mikä tarkoittaa, että räjähdyksessä muodostuu pieniä määriä NOx-kaasuja ja hiilimonoksidia. Redexin happitasapaino on -1,3 %. Mitä positiivisempi happitasapaino on, sitä enemmän muodostuu NOx-kaasuja suhteessa hiilimonoksidiin. Avoimessa tilassa nämä kaasut laimenevat nopeasti. Räjäytettäessä suljetussa tilassa, maan alla, kaivannossa tai muussa kohteessa, jossa voi kerääntyä terveydelle vaarallisia tai haitallisia räjähdyskaasuja, ei räjäytyspaikalle saa mennä ennen kuin räjähdyskaasut ovat siinä määrin laimentuneet (esimerkiksi tuulettamalla), ettei niistä aiheudu vaaraa terveydelle. /5./

HUOM! Hiilimonoksidi (häkä) kerääntyy ilmaa raskaampana ympäristöään syvempiin paikkoihin, kuten avolouhoksen pohjalle. /5./

5.6 Käyttöohjeet

Fordyn soveltuu kaiken tyyppiseen räjäytystyöhön kaikissa normaaleissa olosuhteissa. Fordynin tärkeimmät käyttökohteet ovat kuitenkin vedenalaiset louhinnat sekä

pohjapanokset avolouhinnassa. H-dynamiitti on erikoistuote vedenalaiseen louhintaan aina 50 m saakka. Fordyn, H-dynamiitti ja Redex ovat muovailtavia (plastisia) räjähdysaineita, joilla saadaan aikaan suuri räjäytysteho käytettävään panostilaan. Fordyn, H-dynamiitti ja Redex -patruunan saa pudottaa porareikään, mikäli reiän syvyys ei ylitä 30 metriä. Jos patruunan halkaisija on lähes sama kuin porareian halkaisija, saa patruunan pudottaa enintään 50 metriä syvään reikään.

Sytytyspala on aina laskettava varovasti langan varassa. Käytettäessä Redexiä pintapanoksena, huomioidaan paineaallon aiheuttama vaara-alue, joka on, esim. 1 kg:n panokselle 150 m. Pintapanoksia ei saa käyttää asutuskeskuksissa eikä rakennusten läheisyydessä. Fordyn-, H-dynamiitti-, Redex- ja Forprimeputket, joiden käyttökelpoisuutta on syytä epäillä, tulee hävittää polttamalla palavien apuaineiden kanssa. Kerrallaan saa hävittää enintään 5 kg ja enintään 5 cm:n paksuisena kerroksena. Tarkemmat hävitysohjeet löytyvät Räjäytys- ja louhintatyön järjestysohjeista, pykälistä 71 ja 73. /5./



Kuva 15. Redex-aloituspanos ja Nonel-nalli (hidastus 500 ms) odottamassa kemitoinnin jälkeen reikään laittoa. Kun käyteeään 500 ms hidastusta pintapanoksessa varmistetaan räjähdysaineen syttyminen, mikäli pohjalla oleva aloitepanos ei räjähdä.

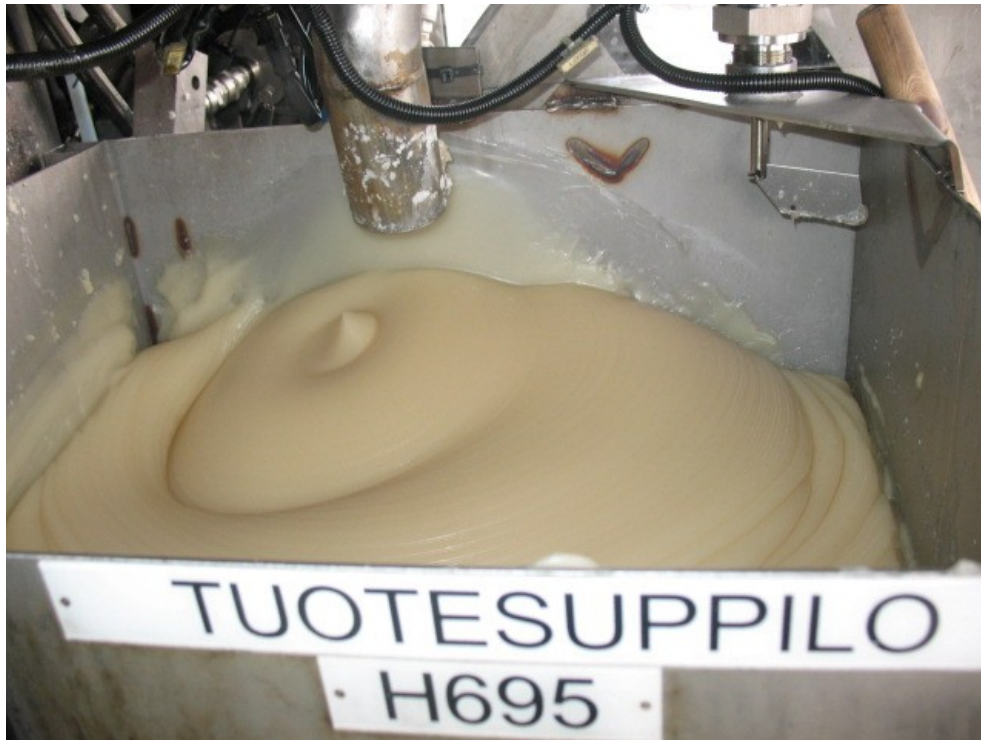
6 KEMIITTI 510, 610

Kemiitti 510 ja Kemiitti 610 ovat avolouhintaan kehitettyjä emulsioräjähdyksaineita, jotka toimitetaan työkohteeseen reikiin pumpattuna. Kemiitti 510 -emulsio valmistetaan raaka-aineliuoksista panostusajoneuvossa, mutta Kemiitti 610 -emulsio tehdään Vihtavuoren tai Kemin emulsiotehtaissa ja ainoastaan herkistetään panostuksen yhteydessä. Kemiitti 510 ja 610 -räjähdysaineita käytettäessä saadaan hyötyjä korkeasta panostusasteesta, vähenevistä porametreistä sekä panostustyön nopeudesta. Reikiä ei tarvitse kuivata, sillä Kemiitit kestävät täydellisesti vettä ja pumpattaessa ne syrjäyttävät veden pois porareistä. /5./

Modernin laitetekniikan ansiosta emulsio herkistyy räjähdysaineeksi pumppauksen yhteydessä, kun siihen lisätään herkistäviä aineita. Kemiittien ominaisuuksia on mahdollista säätää panostustyön aikana. Kansikorkeus on mahdollista määrittää reikäkohtaisesti. Panostusajoneuvolla voidaan toimittaa kerrallaan enintään 12 tonnia Kemiitti 510:tä tai 20 tonnia Kemiitti 610:tä. /5./

Kemiitti 610 -räjähdysaine toimitetaan aina kiinteällä ammoniumnitraatilla lisääaineistettuna eli ”prillattuna”. Kemiitti 510 -räjähdysaineen saa halutessaan myös ilman prillejä. Prillejä lisäämällä kasvatetaan räjähdysaineen kaasutilavuutta. Lisääaineistusta voidaan säätää työmaalla helposti räjäytyskohteen tarpeet huomioiden 10–30 %:n välillä. Prillatuissa tuotteissa emulsioon on lisätty ammoniumnitraattiprillejä ja ne näkyvät tuotteessa valkoisina rakeina. Kemiitti 510 ja Kemiitti 610 -räjähdysaineita valmistetaan vain työkohteessa tarvittava määrä. Huolellisen panostustyön ja aineen liukenemattomuuden ansiosta ympäristön kuormitus on vähäistä eikä sen käytöstä synny hävitettäviä pakkausmateriaaleja. Työkohteessa varastoitavien räjähdysaineiden tarve sekä kuljettaminen vähenevät huomattavasti. /5./

Kemiitti 510 -räjähdysainetta toimitetaan Kemiittiasemilta, Kemistä, Urjalasta, Talvivaarasta, Tuusulasta ja Vihtavuoresta. Kemiitti 610:tä toimitetaan Lapuan toimipisteestä. Forcitilla on valikoimissaan vuodelle 2010 avolouhintaan kolme erinimistä pumpattavaa emulsio-räjähdysainetta. Kemiitti 510 ja Kemiitti 510 -prillatun räjähdysteknisten ominaisuuksien vertailun tulokset ovat liitteessä 2. Kemiitti 510 toimitetaan panostuskohteeseen erikoisvalmisteisella sekoitus-panostusajoneuvolla. Ajoneuvossa ei kuljetuksen aikana ole räjähdysaineita. Ajoneuvossa on välivalmisteet noin kahdeksaa valmista räjähdysainetonnin varten. Räjähdysaineen sekoitus- ja panostusnopeus on 80–150 kg/min. /5./



Kuva 18. Valmista kemiittiä reikiin pumpattavaksi.

6.1 Tuotteen kuvaus ja käyttötarkoitus

Kemiitti 510 on panostuskohteessa valmistettava ja pumppaamalla panostettava emulsio-räjähdysaine. Olomuodoltaan se on rasvamainen ja väriltään valkoinen tai kellertävä. Kemiitti valmistetaan vasta panostuskohteessa paikanpäälle ajetussa kuljetusautossa. Se tehdään, ei räjähdysaineiksi luokitelluista, välivalmisteista.

Sekoitettu tuote pumpataan 40–70 m pitkän letkun avulla porareikään. Porareiässä tapahtuvan kemiallisen reaktion vaikutuksesta tuote herkistyy täysin valmiiksi räjähdysaineeksi 10–20 minuutin kuluessa panostamisesta. Tuotteen pinta nousee hieman porareiässä panostamisen jälkeen. /5./

Kemiitti 510 soveltuu kaikenlaiseen kallion avolouhintaan, jossa tarvitaan nopeaa panostusta ja tuotetta, joka kestää erinomaisesti vettä. Kemiitti 510:llä saadaan porareikään progressiivinen panostus (tiheys alenee pintaa kohti). Kemiitti 510:n käytössä on otettava huomioon irtonaista räjähdysainetta koskevat viranomaismääräykset. /5./

6.2 Varasto- ja säänkestävyys

Kemiitti 510:tä ei ole tarkoitettu varastoitavaksi, koska se pumpataan suoraan porausreikään. Porausreikässä tuote säilyy muuttumattomana useita kuukausia.

Nitraattiliuosta ympäröivä öljykalvo tekee Kemiitti 510:n veteen liukenemattomaksi. / 5./

6.3 Käsittelyturvallisuus

Käytettäessä Kemiitti 510:tä ei tarvitse kuljettaa eikä varastoida räjähdysaineita, mutta räjähdysaineiksi luokiteltavat pohjapanokset ja nallit vaativat määräystenmukaisen kuljetuksen ja varastoinnin. Panostusajoneuvossa on räjähdysainetta pieniä määriä vain panostuksen aikana. Kemiitti 510:n käsittelyturvallisuutta kuvaavat koearvot ovat vähintään samaa luokkaa kuin Anfolla, mitä on selvennetty liitteissä 2 ja 3.

Yleisin tahattoman syttymisen syy vastaavilla räjähdysaineilla muualla maailmassa on ollut panostuspumpun väärinkäytöstä johtuva emulsion voimakas kuumeneminen ja hajoaminen, mikä sopivissa olosuhteissa on aiheuttanut räjähdysketjun. Panostusletkua porareikään laitettaessa on huomioitava, että reiässä on valmiina nalli ja räjäytin. /5./

Jatkuvaa ihokosketusta kannattaa välttää käyttämällä suojakäsineitä. Iholle joutunut Kemiitti 510 poistetaan ensin mekaanisesti (käsipyyhe, porasoija) ja pestään sitten tavallisten käsienvesiuaineiden ja veden avulla. Haalarit ja muut työvaatteet, joihin on kuivunut räjähdysainetta, voivat syttyä ja palaa. Työvaatteisiin tarttunut räjähdysaine poistetaan mekaanisesti, minkä jälkeen työvaatteet pestään normaalilla vesipesulla. Silmiin joutunut räjähdysaine huuhdotaan pois runsaalla vedellä. Mahdollisen ärsytyksen jatkuessa on otettava yhteys lääkäriin. /5./

6.4 Ympäristövaikutukset

Kemiitti 510 palaa räjähdyksessä hyvin puhtaasti, koska emulsioräjähdysaineessa happea antavilla (nitraatit) ja palavilla (öljyt) aineilla on poikkeuksellisen suuri yhteinen kosketuspinta-ala ja niiden valmistustekniikka on hyvin tarkka. Räjähdyksessä vapautuu kuitenkin aina pieniä määriä häkää ja typenoksideja. Kemiitti 510:n vedenkesto on erinomainen, joten siitä liukenee tavallisesti hyvin vähän nitraatteja. /5./

Kaikki räjähtämätön tai muuten kivikasaan jäänyt räjähdysaine liukenee vähitellen, jolloin luontoon joutuu nitraatteja ja öljyä. Räjähdysaineiden luontoon liukeneminen voidaan minimoida huolellisella ja siistillä panostustyöllä. Myös haitallisten räjähdyskaasujen määrää voidaan pitää mahdollisimman vähäisenä, kun räjähdysainetta käytetään oikein. Oikean käytön varmistamiseksi on käytettävä riittävän suurta aloitepanosta ja kemiitin asettamien vaatimusten mukaista riittävän nopealla

palotapahtumalla varustettua aloitepanosta, joka on painoltaan vähintään 0,5 kg ja halkaisijaltaan vähintään 40 mm. /5./

Kemiitin valmistajan ohjeiden mukaan on suositeltavaa käyttää Redex-, Fordyn- tai Kemixpatruunoita. Räjähävän tulilangan käyttöä pohjapanoksen sytyttämiseen ei suositella, koska panos syttyy pinnasta alkaen. Pinnasta syttyminen muodostuu vaaratekijäksi, koska

sinkotuvat lohkat saattavat katkaista kentän takaosassa olevat palamattomat sytytysjohtimet sekä puristaa viereisessä porausrei'issä olevat panokset kuoliaiksi. /5./

Kaikessa käsittelyssä on huomioitava, että Kemiitti 510 epäherkkyydestään huolimatta on räjähdysaine, joka väärin käytettynä voi räjähtää tuhoisin seurauksin. Panostettaessa on varottava, ettei panostusletkulla vahingoiteta nallia tai murjota tarpeettomasti räjäytintä. Räjäytysnalli on parhaiten suojassa riittävän kokoisen asiallisen räjäyttimen sisällä. Myös nallijohtimet saattavat vaurioitua liian ronskista letkun käsittelystä. /5./

6.5 Räjähdysaineen pumppaus

Letkua reikään viettäessä on varottava, ettei nallijohtimia paineta porareikään ja ettei rikota

nallijohtimia eikä irroteta räjäytintä. Letkua ei saa juntata reiässä mahdollisesti olevaan liejuun. Kemiitin valmistajalle ilmoitetaan reiän syvyys ja haluttu tyhjätila (mikäli poikkeaa kentätietojen yhteydessä annetusta). Porausreikään pumpataan tarvittava räjähdysainemäärä vetäen samalla letkua ylös. Kun reikään on pumpattu tarvittava määrä, antaa kemiitin valmistaja kuljetusautosta letkun käsittelijälle äänimerkin, minkä jälkeen letku siirretään ripeästi seuraavaan porausreikään. /5./

Märkiä reikiä ja 76 mm tai pienempiä porausreikiä panostettaessa, on letkun ehdottomasti oltava reiän pohjalla pumppausta aloitettaessa. Vaikka aloitepanoksen panostusvaiheessa porausreikä on todettu kuivaksi, saattaa sinne tulla vettä panostettaessa viereistä vesireikää. Jos panostus halutaan välillä keskeyttää, kerrotaan asiasta hyvissä ajoin autossa olevalle kemiitin valmistajalle. Panostetuissa rei'issä aloitepanos kiristetään varovasti räjähdysaineeseen, sen jälkeen kun panostusletku on vedetty reiästä. Johdinta ei saa kiristää panostusletkun ollessa reiässä. Pintaräjäytin painetaan pumppauksen jälkeen, kemiitin kaasuunuttua, panostuskepillä kemiitin sisään. Tällöin voidaan arvioida mahdollinen räjähdysainepinnan saattaminen halutulle tasolle lisäämällä kemiittiä tai patruunoituja räjähdysaineita tai mahdollisesti poistamalla

osa kemiitistä. Mikäli räjähdysaineen pinta ei ole noussut haluttuun korkeuteen, voidaan kemiittiä lisätä harkinnan mukaan (korkeintaan 1 lisäys/reikä). Jos reikä on niin rikkonainen, ettei Kemiitti 510 siinä pysy, on panostus tehtävä patrunoidulla räjähdysaineella. /5./

Ylimääräinen kemiitti poistetaan tarkoitukseen varatulla laitteella. Kemiitin valmistajalle ilmoitetaan hyvissä ajoin panostuksen loppuvaiheessa, kuinka monta reikää on jäljellä. Kun kaikki panostettavat reiät on pumpattu, nostetaan letku viimeisessä porareiässä räjähdysainepatsaan yläpuolelle pesua varten. Pesun jälkeen letku nostetaan reiästä kentälle ja suunnataan sen suu ihmisistä ja laitteista pois päin. Kemiitin valmistaja tyhjentää letkun paineilmalla. Tyhjentämisen aikana on letkusta pidettävä tukevasti kiinni esim. seisomalla sen päällä. Etutäyte laitetaan reikiin aikaisintaan 30 min pumppauksen jälkeen. /5./

Pienissä kokoluokaltaan Ø64–89 mm porarei'issä kemiitti nousee huomattavasti korkeammalle pumppauksen jälkeen kuin $\geq \text{Ø}102$ mm reikäkokoa käytettäessä. Lisäksi nousukorkeuteen vaikuttaa porareiän kosteus (ns. ”vesireikä”). Kitka reiän seinämässä on pienempi vesireiässä kuin kuivassa. Rintauskorkeuden ollessa > 15 m, vesireiän ja kuivan reiän ero on 1–1,5 m, toisin sanoen kemiitin pumppaus on lopetettava vähintään metriä aiemmin vesireiässä kuin kuivassa, jotta etutäyteen korkeus saadaan pysymään samana kuin kuivassa reiässä.

Nousukorkeuteen vaikuttaa edellä mainitun lisäksi myös pumpattavan kemiitin lämpötila. Kemiittiasemalla raaka-aineiden lämpötilat ovat lähes 70 °C siirtomatkan ollessa maksimissaan muutamia kilometrejä. Raaka-aineet eivät ennätä jäähtyä matkalla, joten ensimmäisiä reikiä panostettaessa on tarkkailtava erityisesti pumpatun massan kohoamista panostetuissa rei'issä, jotta etutäyteelle varattu tila jää riittäväksi. Liian täyteen panostetut reiät aiheuttavat lohcareiden sinkoutumista ja aiheuttavat tarpeettomia vaaratilanteita alueelle.



Kuva 19. Kemiitin pumppaus käynnissä



Kuva 20. Etutäytteenä 16 mm sepeliä noin 2 m.

6.6 Poikkeustapaukset

Poikkeavista ilmiöistä tulee ilmoittaa heti autossa olevalle kemiitin valmistajalle. Jokaisesta panostetusta kentästä otetaan pumppauksen yhteydessä noin 1 kg:n kemiittinäyte, joka hävitetään vasta, kun kenttä on räjäytetty ja mikäli räjäytystuloksessa ei ole huomautettavaa. Panostusletkussa on aina painetta, mutta jos paine nousee yli sallitun, voidaan olettaa, että letkussa on tukos ja myös silloin on varottava suuntaamasta letkua ihmisiä kohti. /5./

7 TULOKSET

Porauksessa suurimmat muutokset tehtiin ruutukokoa pienentämällä, keskittymällä poraustarkkuuden parantamiseen sekä opastamalla ja motivoimalla porareita tarkkuuden merkityksen tärkeydestä. Poraustarkkuuden parantumiseen vaikutti myös porareiden ammattitaidon ja kokemuksen lisääntyminen. Lisäksi Pantera 1500Dpi-vaunuihin asennetut 3D-porausjärjestelmät ovat nostaneet huomattavasti poraustarkkuutta, mihin vaikuttivat suuntaus-, kallistus-, paikannus- ja syvyystarkkuudet, jotka saatiin asettumaan välille +/- 2 cm.

Porattavien ja räjäytettävien kenttien suunnittelussa kiinnitettiin huomiota kenttien säännöllisyyteen ja lisäksi muutettiin syvyys-/leveyssuhdetta vastaamaan paremmin kallionperän asettamia erityisvaatimuksia vastaavaksi. (Reikäväli (E) = 1.3 x etu (V1)).

Panostuksessa muutokset kohdistuivat ominaispanostuksen lisäämiseen ja rivivälien hidastusten muuttamiseen sekä auruksen lisäämiseen ensimmäisen rivin kytkennässä. Näillä muutoksilla päästiin lähelle asetettuja tavoitteita. Ainoastaan pohjien tiukkuus aiheuttaa vielä ajastusten suhteen lisätutkimuksia. Etutäyteen korkeuden muutoksella saavutettiin huomattava vähennys rikotusmäärissä ja lisäksi kuormaus nopeutui huomattavasti, koska ylisuurten lohcareiden siirtely oli kuormauksen aikana jäänyt lähes kokonaan pois. Kokeilimme muutamissa räjäytyksissä prillattua Kemiitti 510:tä ja tulokset vaikuttivat lupaavilta (kuva 22). Prillatun Kemiitti 510 jatkokäytöstä sovittaneen lähikuukausina.



Kuva 20. Räjähätyksessä rintausta avautunut esimerkiksi, louheen pintakerros on liian karkea. Korjaavana toimenpiteenä etutäytteen korkeuden muutos 4 m:stä 2,5 m:iin.

Talvivaarankaivoksella on käytössä porauskaavioissa reikäväli/etu (E/V) suhteena malmikentissä 1,3 (kuva 21), sivukivellä jopa 1,35. Sivukiven louhinnassa ei lohkarukoolla ole niin suurta merkitystä kuin malmikiven louhinnassa. Sivukiven kuormauksessa louheen karheus aiheuttaa kuormaustehon pienenemistä tiukempien pohjien muodossa ja kaluston ylimääräistä kulumista. Tehohävikki edellä mainittujen seikkojen johdosta on pahimmillaan jopa 40 %. Tehohävikki ilmenee pidentyneinä kuormausaikoina ja kauhojen kulutusosien nopeampana kulumisena. Lisäksi kuormauskoneiden hydraulikkaan ja voimansiirtoon kohdistuu ylimääräistä rasitusta etenkin pyöräkuormajaa päälatauskoneena käytettäessä. Tästä syystä myös koneen käyttöikä lyhenee huomattavasti ja aiheuttaa ylimääräisiä komponenttien vaihtoja mm. renkaita suojaavien ketjujen, vaihteiston ja muuntimen osalta.



Kuva 21. Tyypillinen porauskaavio malmikentissä, kentän leveys 150 m (34 riviä) reikäväli 4,4 m, syvyys 44 m (13 riviä), etu 3,4 m. Kenttien leveyden lisäämiselle ei käytännön estettä porauksen tai panostuksen suhteen, syvyyden suhteen ollaan maksimissa, koska räjäytyksen riittävä hidastaminen syvyys suunnassa asettaa rajoituksen, mikäli halutaan hyvin kuormattava ja kuohkea lopputulos.



Kuva 22. Onnistuneen räjäytyksen tunnusmerkit: Rintauksen juuri on avoin ja lohkokoko ihanteellinen. Räjäytys on tehty prillatulla Kemiitti 510:llä, rivien välillä hidastus 109 ms, ruutukoko 8.2 m².



Kuva 23. Louheenkuormausta pyöräkuormaajalla.

Porauksessa ja panostuksessa tehtyjen muutosten jälkeen louheen rakenne on optimaalista murskaukseen toimitettavaksi. Lohkokoko on < 800 mm, kuormaustehot ovat asetetuilla tasoilla eivätkä aiheuta ylimääräistä rasitusta kuormauskalustolle.

8 YHTEENVETO

8.1 Kehitettävää

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää käytössä olevaa louhintatekniikkaa niin, että ensimmäisen vaiheen murskaustehot nousisivat tavoitetasolle eli saataisiin lohkokoko riittävän pieneksi. Tavoitteena oli myös parantaa kuljetustehokkuutta ja näillä em. toimenpiteillä oli tavoitteena vaikuttaa toiminnan kannattavuuteen. Kehitystyön aikana asetetut tavoitteet saavutettiin lähes kaikilla osa-alueilla ja ensimmäisen vaiheen murskaimen tehot yllättivät positiivisesti hankkeessa mukana olleet.

Talvivaarankaivoksella käytössä olevan pienimmän reikäkoon (Ø89 mm) osalta ollaan hyvin lähellä optimaalista tilannetta, suuriin muutoksiin ei ole tarvetta, lähinnä joitakin koekenttiä kannattaisi porauttaa suurentamalla kallistuskulmaa 10°:sta jopa 18°:een ja pienentämällä kenttien syvyyttä. Näiden muutosten avulla myös räjäytettyjen kenttien pohjat löytyisivät riittävästi ja kuormattavuusominaisuudet paranisivat. Tärkeimpänä kehityskohteena pidän edelleen porauksen ja ominaispanostuksen tutkimista Ø127 mm reikäkoon osalta, sekä rivivälien hidastuksen tutkimista ja hidastuksen muuttamista 109:stä 176 ms:iin. Monissa tapauksissa pieni muutos aikaisempaan verrattuna saa aikaan ratkaisevan parannuksen, eikä aiheuta lisäkustannuksia tai muutokseen sijoitetut eurot tulevat takaisin moninkertaisina. Esimerkiksi etutäytteen lyhentäminen muutti kaatojen rakennetta ratkaisevasti oikeaan suuntaan ja tulokset näkyivät välittömästi.

Insinööriyön loppuvaiheessa koeporaukseen tulivat Ø140mm:n kruunut, joiden osalta porauksenruutukokojen ja parhaan ominaispanostuksen kehitystyö jatkuu edelleen. Ensimmäiset havainnot koekentissä kielivät ominaispanostuksen jääneen liian alhaisiksi, suurena lohkokokona ja rikotustyön lisääntymisenä. Lyhyestä toiminta-ajasta johtuen Talvivaaran kaivoksella kehitettävää riittää hyvin monilla osa-alueilla. Jatkuva kehitystyö on ainoa oikea tie käyttökustannusten pitämiseksi mahdollisimman alhaisena ja näin varmistaa yhtiön menestymisen jatkossakin.

8.2 Johtopäätökset

Tässä insinööriyössä käsiteltyjä louhintatekniikkaan liittyviä muuttujia on paljon ja niiden vaikutukset niin kaivostoimintaan kuin sen kannattavuuteen ovat hyvin erilaisia.

Järjestelmällisesti etenemällä ja pieniä muutoksia tekemällä, saavutetaan parhaimmat tulokset niin laadullisesti kuin taloudellisestikin. Talvivaarankaivoksella kaikki louheenirrotus- ja siirtotyöt tehdään omana työnä, tällöin tulisi huomioida erityisen tarkasti kokonaistaloudellisuus kaikissa työvaiheissa. Kun louhe saadaan irrotetuksi riittävän pienikokoisena se nopeuttaa kuormausta ja kuljetusta, mikä tuo säästöjä kaivostoimintaan ja myös kaluston alentuneena kulumisena. Porauksessa ja panostuksessa tehdyt muutokset ja niiden vaikutukset kustannuksiin liitteessä 4, lisäksi räjäytettävien kenttien kytkennöissä tehdyt kytkentämuutokset liite 5.

LÄHTEET:

- /1/. www.talvivaara.com/toiminta/_toiminta/etsinta_ja_kehitys
- /2/. www.talvivaara.com/toiminta/_toiminta/geologia
- /3/. Geologit, Törmälehto Teemu, Lahtinen Taija, Mustaliuske raportti, Talvivaara Sotkamo Oy.
- /4/. www.forcit.fi/wp-content/uploads/2009/05/NONEL-Käyttäjänopas-02.06.2008.pdf
- /5/. www.forcit.fi/fi/forcit-explosives/tuotteet/

Muuta insinööriyön tekemisessä käytettyä kirjallisuutta:

Lehtiniemi Raimo, Opintomateriaalit, Kalliorakennustekniikka, syksy 2009.

Vuolio Raimo, Räjätystyöt kirja 3.s uusittu ja laajennettu painos 1991, Suomen Maarakentajien Keskusliitto r.y. Helsinki, Forssan Kirjapaino Oy 1991.

Vuolio Raimo, Räjätysopas 2008, SML:n Maarakentajapalvelu Oy, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2008.

Explosives and Blasting Technique, Roger Holmberg(ed.), Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, 2003.

Handbook on Surface Drilling and Blasting, Tamrock, Painofaktorit 1964.

Muita lähteitä:

Leinonen Jorma, markkinointi ja tekninen neuvonta (Vihtavuori), Turunen Kimmo, Kemiittiaseman vastaavaohitaja, (Talvivaara). Piipponen Arto, panostaja, (Talvivaara). Forcit Oy. Keskustelut. 2009.

Geologit, Törmälehto Teemu, Lahtinen Taija, Mustaliuske raportti, Talvivaara Sotkamo Oy.

Kuvat Esa Ruotsalainen, jollei toisin mainita.

LIITE 1 REIKÄSUORUUSMITTAUKSET 6.–7.8.2009

1(7)

Mittaukset suoritettiin 6.8.2009 Talvivaaran kaivoksella.

Esa Ruotsalainen, Talvivaara Oy

Lauri Sarajärvi, Talvivaara Oy

Tommi Heikkilä, SMC

Jouko Salonen, SMC

Mittaukset 6.8.2009

Aamupäivällä mitattiin kentältä 103 parikymmentä reikää, osa porattu Talvivaaran omalla DX:llä ja osa kaivinkoneasenteisella ExcaDrillillä (urakoitsijana Louhintaliike Lukkari & Sirviö). Reikäkoko 89 mm ja reikäpituudet 20 metrin molemmin puolin. Lasertaso käytössä. Lauri mittasi reikien aloituspisteiden koordinaatit.

Tuloksissa esiintyy selvää magneettikentän voimakkuuden ja suunnan heittelyä (nikkeli?), joten suuntakulmiin pitää suhtautua kriittisyydellä. Kallistuskulmat ovat kuitenkin luotettavia. Reiät näyttävät taipuvan välillä voimakkaastikin keulaa kohden.

Iltapäivällä mitattiin kentältä 69 kymmenkunta reikää, kaikki porattu Talvivaaran DPi-vaunulla nro 3. Reikäkoko 127 mm ja reikäpituudet 15 metrin paikkeilla. Lasertaso käytössä. Kaivossuunnittelija Lauri Sarajärvi mittasi reikien aloituspisteiden koordinaatit. Reikien suut olivat paikoin helposti sortuvia ja rei'issä oli vettä pohjalla.

Magneettikentän arvot eivät vaihtelee niin paljon kuin kentällä 103, eivätkä suuntakulmatkaan heittele niin voimakkaasti. Teoriaa nikkelin vaikutuksesta mittaustuloksiin tukee myös näiden porauskenttien malmipitoisuus, joka oli lähes kaksinkertainen kentällä 103.

Mahdollisia virhelähteitä (reiät/mittaus):

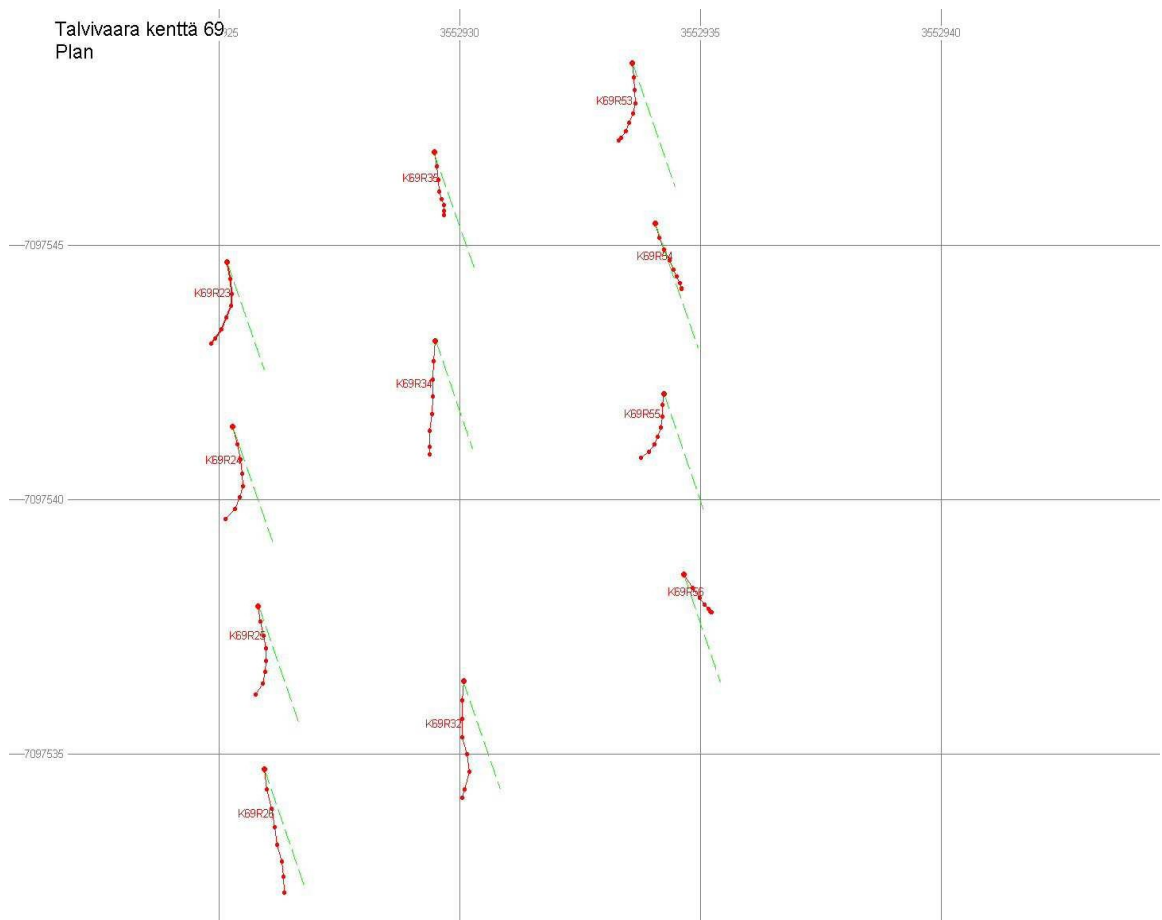
- malmin aiheuttamat paikalliset vääristymät magneettikentässä (vaikuttaa suuntakulmiin, ei kallistukseen)
- mittanauh miehen tarkkuus ja valinta mittauskohdaksi (varsinaisen kiven pinnasta?)
- mittauspisteen valinta alkupistekoordinaattien mittauksessa (irtomaan pinnasta?)
- alkupistekoordinaattien mittauksen tarkkuus (VRS, ei oma tukiasema)
- reikiin mahdollisesti pudonnut aines (anturi ei mene pohjaan asti)
- suuntausvirheet
- reikien taipuma
- syvyyslaskentajärjestelmien oikea kalibrointi
- syvyyslaskentajärjestelmän oikea käyttö DX:n uuden TIM:n kanssa pitää varmistaa
- ohjeistuksella (syötetään vain korkoero ja kulma, ei tarvitse laskea pituutta itse)

Muita huomioita:

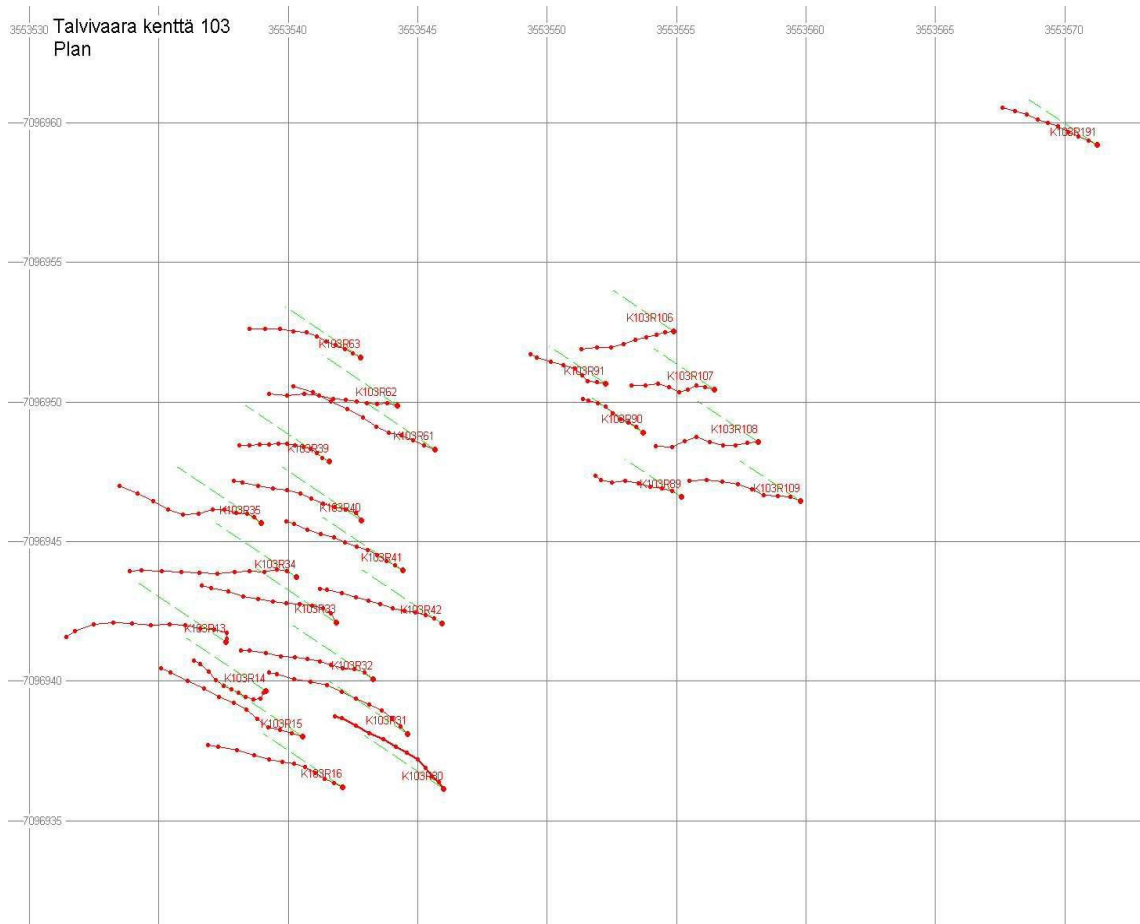
Kaivossuunnittelu käyttää Surpac 6.1 -ohjelmistoa suunnittelua varten ja Trimblen siirrettävää vastaanotinta mittauksiin, korjausdata saadaan Geotrimin VRS -palvelusta (epäilivät että aikanaan syvemmälle mentäessä tarvitaan paikallinen tukiasema). Kaivoksella käytetään KKJ-koordinaatistoa.

Suunnitelma tehdään konttorilla ja kaaviot viedään paperilla porarille kentittäin. Mittamies merkitsee reikien alkupisteet. Kaatosuunta on valittu sen mukaan mihin on räjäytysteknisesti tilaa avata/heittää. Käytännössä suunta katsotaan sitten penkalla tyyliin "tuo masto/rakennus on kokolailla suunnitelman osoittamassa kaatosuunnassa..." (johtuen DPi:n toistaiseksi vajavaisesta suuntausjärjestelmästä eli GPS-kompassin ja 3D-navigoinnin puutteesta). Sitten suunnitelman kaatosuunta voidaan korjata vastaamaan käytännön tähtäys-suuntaa. Tässä voisi kuitenkin käyttää DPi:n suuntausjärjestelmän tukemaa mielivaltaista tähtäyspistettä ja eroisuuretta räjäytyssuuntaan nähden. Koulutuksen puutetta? DX:n uutta TIM:iä keuhuttiin kovasti, toimii kuulemma hyvin, erityisesti GPS-kompassi.

Porauksen toteumakaavio (eli todelliset aloituspisteet ja aloituskulmiin & eikäpituuksiin perustuvat laskennalliset loppupisteet) halutaan luonnollisesti takaisin Surpaciin päin.

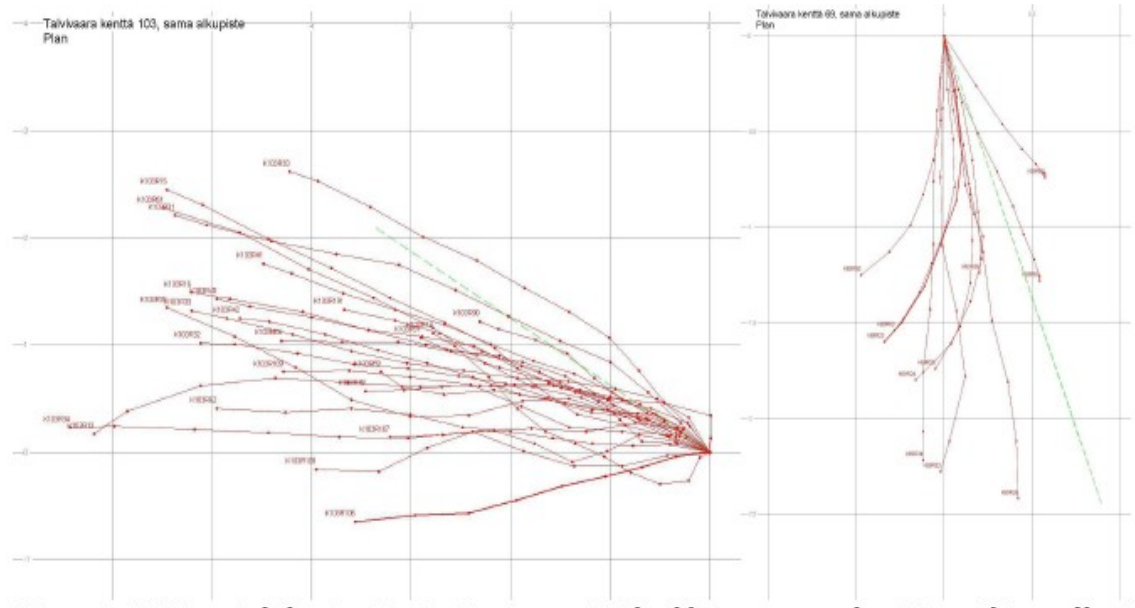


Kuva 1, Kenttä 69 taipumakuva ylhäältä (tavoiteltu 'oikea' asema vihreällä, mitattu punaisella).



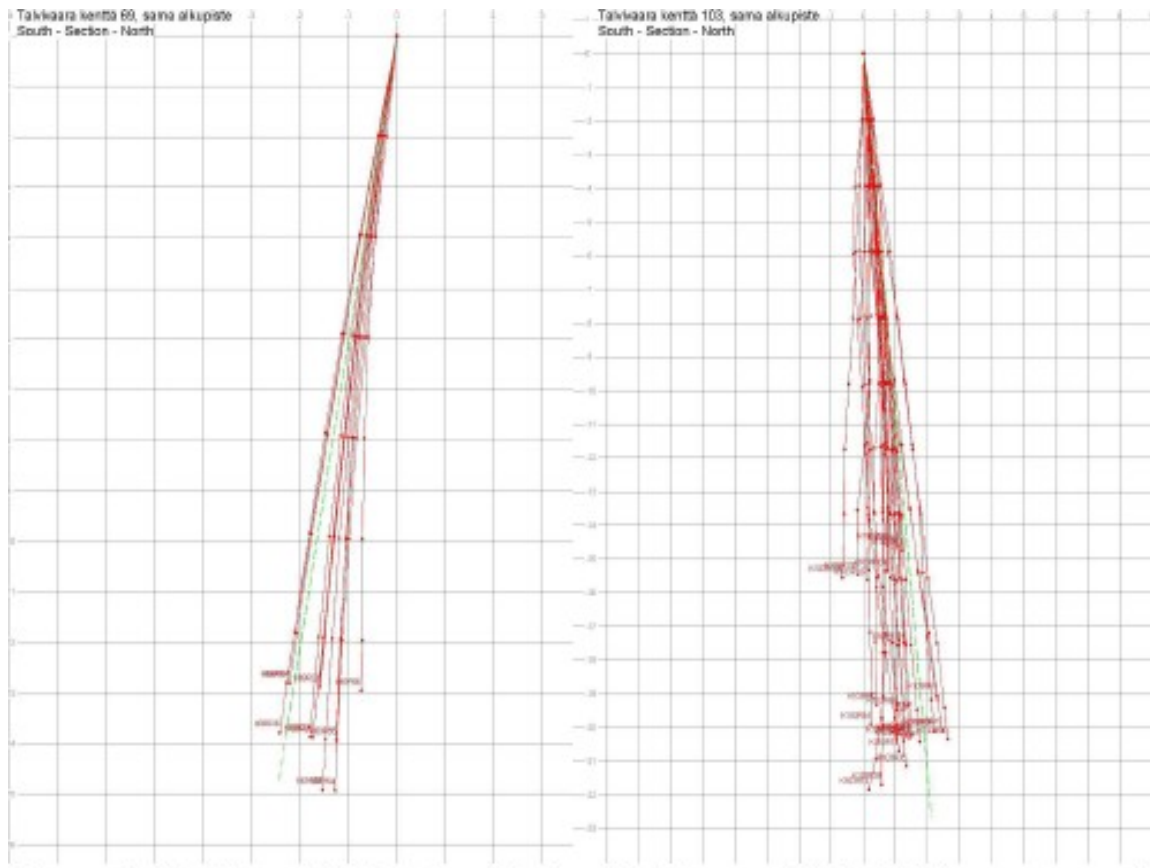
Kuva 2. Kenttä 103 taipumakuva ylhäältä (tavoiteltu 'oikea' asema vihreällä, mitattu punaisella).

Mittausten perusteella reikien asemat pohjalla poikkeavat todella huolestuttavasti teoreettisista. Toisinaan suuntaustarkkuus on siedettävällä tasolla. Reiän pohjalla tavoiteltavan poikkeaman maksimisuuruutena pidetään yleisesti 3 % reikäsyvyydestä. 36 mitatusta reiästä kaksi (2) pääsi tähän tavoitteeseen.



Kuva 3. Mittaustulokset esitettynä siten, että kaikkien saman kentän reikien alkupisteet on siirretty samaan pisteeseen. Kuvakulma ylhäältä.

Kuva 3 osoittaa, että kahden reiän keskinäinen etäisyys pohjalla voi poiketa suunnitellusta jopa neljä (4) metriä. Tällöin kahden reiän yhteen laskettu poikkeama on n. 20 % reikäsyvyydestä. Tämä johtaa usein siihen, että räjähdysaine ei käyttäydy toivotulla tavalla. Porausvirheiden johdosta 'aiemman hidasteen reiästä' aiheutuu vielä räjähtämättömään porareikään niin suuri paine, että räjähdysaineen palonopeus reiässä laskee ($\sim 5000 \text{ m/s} \rightarrow 600 \text{ m/s}$). Kyseessä on ns. deflagraatio. Myös kuoliaaksipuristumista saattaa esiintyä. Tällöin 'viereisen reiän synnyttämä paine' on niin suuri, ettei räjähdysaine 'jaks' lainkaan syttyä.



Kuva 4. Mittaustulokset esitettynä siten, että kaikkien saman kentän reikien alkupisteet on siirretty samaan pisteeseen. Kuvakulma sivusta.

Kuva 4 paljastaa suuria virheitä reikien syvyyksissä. Kokonaisuudessaan mittaustulokset kertovat porareiden kokemuksen / huolellisuuden ja olosuhteiden vaativuuden ristiriidasta.

Toimenpiteet tilanteen parantamiseksi

- Seuraavia toimenpiteitä suositellaan:
- Vaunujen mittalaitteiden tarkastus.
- Erittäin huolellinen porareiden uudelleenkoulutus.
- Uusien porareiden ammattitaitovaatimuksen nosto ja poraussimulaattorin laajempi hyödyntäminen koulutuksessa.
- Reikätaipuman mittauslaitteiston hankkiminen ja säännölliset mittaukset.
- Reikien laadun ottaminen osaksi porareiden palkkausjärjestelmää.
- Siirtyminen putkiporaukseen (ei pelkät ohjuriputket). Tämä mahdollistaa lisäksi polttoainetalouden radikaalin paratumisen.
- Porakruunujen optimaalinen valinta yhdessä Sandvikin asiantuntijan kanssa.

Pengerkorkeuden pienentäminen parantaa reikäsuoruutta. Tällöin myös ylisuurten lohkkareiden määrä kasvaa. Reikäkoon suurentaminen ja samalla vahvempien 'porarautojen' käyttö parantaa reikäsuoruutta, mutta samalla ominaispanostusta tulisi hieman nostaa. Erityisesti on huomioitava se, että sekä ylisuurien, että hienoaineksen määrä louheessa lisääntyy voimakkaasti. Sen paremmin pengerkorkeutta kuin reikäkokoa ei siis tule muuttaa kokonaisprosessin kustannuksella.

Mittauspöytäkirja

Hole ID	Station Metres	Dip Degrees	Azimuth Degrees	Easting Metres	Northing Metres	Up/Down Metres	Left/Right Metres	Shortfall Metres	XY deviation Metres
K103R106	16	18.81	253.91	3553551	7096952	-0.07	-2.44	-0.21	2.44
K103R107	16	15.39	270.05	3553553	7096951	0.03	-1.58	-0.12	1.58
K103R108	16	19.66	271.64	3553554	7096948	0.54	-2.23	-0.22	2.29
K103R109	16	20.15	268.73	3553556	7096947	1.3	-1.63	-0.17	2.08
K103R13	23	23.99	226.29	3553531	7096942	1.46	-3.13	-0.57	3.45
K103R14	21	15.3	294.59	3553536	7096941	-0.69	-0.53	-0.11	0.87
K103R15	21	23.34	286.35	3553535	7096940	2.34	-0.81	-0.19	2.48
K103R16	21	23.48	281.31	3553537	7096938	1.62	-1.5	-0.18	2.21
K103R191	18	16.3	285.57	3553568	7096961	0.71	-0.82	-0.04	1.08
K103R30	21	17.94	286.83	3553542	7096939	1.36	-0.02	-0.09	1.36
K103R31	21	19.71	291.63	3553539	7096940	2.15	-0.97	-0.19	2.36
K103R32	21	20.3	272.04	3553538	7096941	1.28	-1.85	-0.16	2.25
K103R33	21	21.23	281.42	3553537	7096943	1.51	-1.63	-0.19	2.22
K103R34	21	27.5	263.9	3553534	7096944	2.03	-3.2	-0.43	3.79
K103R35	22	22.56	290.05	3553533	7096947	1.58	-1.74	-0.24	2.35
K103R39	22	11.42	271.04	3553538	7096948	-0.58	-1.35	-0.07	1.47
K103R40	21	20.22	287.37	3553538	7096947	1.35	-1.41	-0.14	1.95
K103R41	21	17.81	282.61	3553540	7096946	1.11	-0.88	-0.07	1.42
K103R42	21	17.6	273.62	3553541	7096943	1.05	-1.44	-0.1	1.78
K103R61	20	24.25	276.23	3553540	7096951	2.46	-0.97	-0.23	2.64
K103R62	20	21.07	282.36	3553539	7096950	1	-2.28	-0.2	2.49
K103R63	20	18.85	280.18	3553539	7096953	0.76	-1.39	-0.11	1.58
K103R89	15	14.94	301.86	3553552	7096947	0.61	-1.11	-0.08	1.27
K103R90	15	12.32	284.27	3553551	7096950	0	-0.19	-0.01	0.19
K103R91	15	17.21	297.05	3553549	7096952	0.44	-0.63	-0.07	0.77
K69R23	13	8.17	221.87	3552925	7097543	-0.87	0.86	-0.07	1.22
K69R24	14	8.48	242.93	3552925	7097540	-0.79	0.76	-0.07	1.10
K69R25	14	8.13	224.26	3552926	7097536	-0.81	0.65	-0.05	1.04
K69R26	14	8.34	176.64	3552926	7097532	-0.01	0.43	-0.01	0.43
K69R32	13	9.8	190.04	3552930	7097534	-0.11	0.8	-0.03	0.81
K69R34	13	8.56	198.59	3552929	7097541	-0.21	0.87	-0.04	0.89
K69R35	14	2.1	180.48	3552930	7097546	-1.21	0.23	-0.07	1.23
K69R53	15	5.31	229.01	3552933	7097547	-1.26	0.79	-0.08	1.49
K69R54	15	0.68	148.38	3552935	7097544	-1.23	-0.08	-0.06	1.23
K69R55	14	5.95	230.57	3552934	7097541	-1.42	0.87	-0.11	1.67
K69R56	13	1.61	161.69	3552935	7097538	-1.37	-0.29	-0.09	1.40

Räjähdystekniset ominaisuudet Kemiitti 510 ja Kemiitti 510-prillattu

Ominaisuus	Yksikkö	510	510-prillattu 30 %
räjähdyslämpö	MJ/kg	3,0	3.2
kaasutilavuus	l/kg	900	1 000
räjähdysaineen tiheys	kg/dm ³	0.70–1.20	0.70–1.25
syttymisherkkyys		Nallin lisäksi vähintään 500 g, jonka räjähdysnopeus on min. 4800 m/s	Kuten 510
räjähdysnopeus	m/s	4 200–5 500	3 900–5 300
pienin porareikä-läpimitta	mm	60	60

Kemiitin raaka-aineet:

ammoniumnitraatti

kalsiumnitraatti

vesi

öljy

emulgointiaineet

LIITE 3 RÄJÄHTEIDEN HERKKYYSVERTAILU

1(1)

TESTI

TUOTE

TULOS

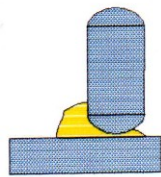
ISKU (BAM)



Dynamiitti
Aniitti
Ano
Kemiitti 110
Kemiitti 510
TNT

1 kg, 15 cm
1 kg, 90 cm
0/6
0/6
0/6
5 kg, 35 cm

HANKAUS (BAM)



Dynamiitti
Aniitti
Ano
Kemiitti 110
Kemiitti 510
TNT

240 N
0/6 >360 N
0/6 >360 N
0/6 >360 N
0/6 > 360 N
0/6 > 360 N

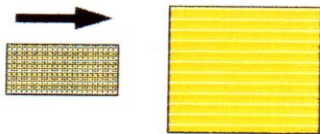
HUMAHDUS (BAM)



Dynamiitti
Aniitti
Ano
Kemiitti 110
Kemiitti 510
TNT

170°C
>260°C
>250°C
>250°C
>250°C
305°C

SHOOTING-testi



Dynamiitti
Aniitti
Ano
Kemiitti 110
Kemiitti 510
TNT

140 m/s
420 m/s
500 m/s
790 m/s
700 m/s
526 m/s

NALLIHERKKYYS (NRO 8)



Dynamiitti
Aniitti
Ano
Kemiitti 110
Kemiitti 510
TNT

on
on
on
ei
ei/on
on

Louhintakustannusten muodostuminen

Reikäkoko Ø89mm

n	H	K	B	Q	Kg/m³	s	€/porattu m
33	16.5	15	100	99	2.92	0.78	3
29	16.5	15	100	99	2.92	0.78	3
27	16.5	15	100	99	2.92	0.78	3
25	16.5	15	100	99	2.92	0.78	3

Ominaispanostus q kg/m³
 $q = n \cdot Q / V1 \cdot K \cdot B$

Ominaisporaus(g) m/m³
 $g = n \cdot H / V1 \cdot K \cdot B$

V1	E	m²	q, kg/m³	g, m/m³	Kem.510 kg/t	dynam. kg/t	poraus €/t	Poraus+ Panostus €/t
2.4	3	7.2	0.91	0.151	0.31	0.24	0.16	0.51
2.4	3.4	8.2	0.80	0.133	0.27	0.21	0.14	0.45
2.7	3.7	10.0	0.66	0.110	0.23	0.18	0.11	0.37
3	4	12	0.55	0.092	0.19	0.15	0.09	0.31

Alkutilanne alin sarake, kehystetty nykytilanne, tilanne parantunut ratkaisevasti.

Rakeisuus lähellä optimia, yli 95% louheesta <1000mm.

Louheen kuormaustehokkuuden parantamiseksi ylimmän vaihtoehdon käyttöön otto harkittavaksi.

Kemiitti, pumpattuna ja kenttä kytkettynä: 1.15 €/kg(laskennallinen arvo)

Laskennalliseen arvoon vaikuttaa nallien-/kytkinkappaleiden lisääntynyt tarve, sekä lisääntynyt työmäärä.

Reikäkoko Ø127mm

n	H	K	B	Q	kg/m³	s	€/porattu m
26	16.5	15	100	195	2.92	0.78	3.3
24	16.5	15	100	195	2.92	0.78	3.3
23	16.5	15	100	195	2.92	0.78	3.3
21	16.5	15	100	195	2.92	0.78	3.3
20	16.5	15	100	195	2.92	0.78	3.3
19	16.5	15	100	195	2.92	0.78	3.3

Ominaispanostus q kg/m³
 $q = n \cdot Q / V1 \cdot K \cdot B$

Ominaisporaus(g) m/m³
 $g = n \cdot H / V1 \cdot K \cdot B$

V1	E	m²	q, kg/m³	g, m/m³	kg/t	dyn.kg/t	poraus pm. €/t	Poraus+ Panostus €/t
3	3.8	11.4	1.13	0.095	0.39	0.30	0.11	0.49
3.2	4.2	13.4	0.98	0.083	0.33	0.26	0.09	0.43
3.4	4.4	15.0	0.88	0.074	0.30	0.23	0.08	0.39
3.6	4.7	16.9	0.76	0.064	0.26	0.20	0.07	0.33
3.8	5	19	0.68	0.058	0.23	0.18	0.07	0.30

Alkutilanne alin sarake, kehystetty nykytilanne.

Kemiitti510, pumpattuna ja kenttä kytkettynä: 1.0 €/kg(laskennallinen arvo)

Rakeisuus jakautuma lähellä vaadittua, harkittava ominaispanostuksen nostoa ja riviväli hidastuksen lisäämistä 109ms => 176ms:n.

Ominaispanostuksen nosto: $0.88 \cdot 0.78 = 0.69 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow 0.98 \cdot 0.78 = 0.76 \text{ kg/m}^3$

Kustannusvaikutus: **0.04€/m³**

Kuormaus-/kuljetuskustannukset

	t/kuorma	€/h	t/h	4x MA		h/tv	t/tv	€/t
				kuormaa	€/h			
				/h				
KKHt:		400	2772	16.8		8	22176	0.14
MA:	165	220	2772	4.2	880	8	22176	0.32
KKHt+4 MA								0.46

Kuormaus olosuhteiden muutoksen vaikutus(%)KKHt+4MA, ajomatka 1-2km

%	t/h	t/tv	t/vrk	t/h	t/tv	t/vrk	€/t
0	2772	22176	66528	0	0	0	0.46
5	2633	21067	63202	-139	-1109	-3326	0.49
10	2495	19958	59875	-277	-2218	-6653	0.51
15	2356	18850	56549	-416	-3326	-9979	0.54
20	2218	17741	53222	-554	-4435	-13306	0.58
25	2079	16632	49896	-693	-5544	-16632	0.62
30	1940	15523	46570	-832	-6653	-19958	0.66

Karkeamurskaimen tarvitsema louhemäärä keskimäärin 2700 t/h. Normaaliolosuhteissa kapasiteetti riittää, olosuhteiden muuttuessa toinen yksi täydentämään vajetta, esimerkiksi: KUP+2 MA. Täydennys pyrittävä suorittamaan kerran vuorokaudessa yhtämittaisella ajosuorituksella, työvuoro kerrallaan, välttämään turhilta koneiden siirroilta ja kaluston vajaa käytöltä.

Esimerkki lisäkapasiteetin aiheuttamista kustannuksista 20%:n vajeen täyttämiseksi:

		h	a`€/h	€
KUP:n siirto kuormauspaikalle:		0.5	400	200
2x MA odotus:	2	0.5	220	220

	t/h	t/tv	t/tv	€/t
KUP:	2000	16000	7.5	15000
2xMA:	1320	10560	7.5	9900
KUP+2MA				0.64

	€/h	a` t/k	3x MA		h/tv	t/tv	€/t
			kuormaa	€/h			
			/h				
KKHt:	400	2218	13.4		8	17744	0.18
3xMA:	220	165	4.2	660	8	17744	0.40
KKHt+3MA							0.58

Vahvistetun kapasiteetin kustannukset €/t

KKHt+3MA	0.58
KUP+2MA	0.64
	1.21

KKHt:n olosuhde haitta 20%, kuormauskapasiteetti riittää 3 MA:lle, käyttämättä jäänyt kapasiteetti kuluu kuormausolosuhteiden parantamiseen, ylisuurien lohcareiden siirtoon.

Laskelmassa normaalit olosuhteet lisäkapasiteetille, ainoastaan kahden auton käyttö mahdollista, koska murskauskapasiteetti ylittyy, seurauksena odotusajat kippauspaikalla, aiheuttaa lisää kustannuksia.

LIITE 5 KYTKENTÄKAAVIOISSA TEHDYT MUUTOKSET

1(4)